

OPINNÄYTETYÖ

PETRI ONKAMO 2012

**KULOTUKSEN, MAANMUOKKAUKSEN JA
VILJELYMENETELMÄN VAIKUTUS
METSÄNUUDISTAMISEEN
SODANKYLÄSSÄ**



**Rovaniemen
ammattikorkeakoulu**
University of Applied Sciences
LUC

METSÄTALouden KOULUTUSOHJELMA



ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

Metsätalouden koulutusohjelma

Opinnäytetyö

**KULOTUKSEN, MAANMUOKKAUKSEN JA VILJEL-
LYMENETELMÄN VAIKUTUS METSÄNUUDISTAMI-
SEEN SODANKYLÄSSÄ**

Petri Onkamo

2012

Toimeksiantaja Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemi

Ohjaaja Liisa Kuutti

Hyväksytty _____ 2012 _____

| | | | |
|----------------------------|--|--------------|------|
| Tekijä | Petri Onkamo | Vuosi | 2012 |
| Toimeksiantaja | Metsäntutkimuslaitos | | |
| Työn nimi | Kulotuksen, maanmuokkauksen ja viljelymenetelmän vaikutus metsänuudistamiseen Sodankylässä | | |
| Sivu- ja liitemäärä | 51 + 3 | | |

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää miten kulotus, maanmuokkaus- ja viljelymenetelmät vaikuttavat männyn taimiitiheyteen sekä taimien pituus- ja paksuuskasvuun. Tulosten pohjalta selvitetään, minkälaisia eroja uudistamisketjujen välillä on ja mikä ketju tuotti parhaimman uudistamistuloksen koealueella. Lisäksi tavoitteena on herkkyysanalyysin kautta tutkia, kuinka luotettavia saadut tulokset ovat ja kuinka herkästi ne muuttuvat erisuuruksilla otannoilla.

Tämä opinnäytetyö käsittelee yhden Metsäntutkimuslaitoksen kokeen tuloksia. Sodankylän kunnan eteläosassa sijaitseva koe perustettiin vuosina 1989 – 1990. Ennen kokeen perustamista alueella kasvoi luonnontilaista 100 – 200-vuotiaista kuusi-valtaista sekametsää, joka hakattiin talvella 1989. Samana kesänä suoritettiin alueella kulotus ja maanmuokkaukset. Seuraavana vuonna suoritettiin männyn istutus ja kylvö. Kokeen muokkausmenetelminä ovat: äestys, auraus, mätästys sekä muokkaamaton maa.

Koealue on tyypillinen ruutukoe. Opinnäytetyössä käsitellään 48 ruudun tuloksia. Jokaisesta ruudusta otettiin systemaattisesti viisi ympyräkoealaa eli kaikkiaan niitä mitattiin 240 kappaletta. Näin jokaisesta uudistamisketjusta mitattiin yhteensä 20 koealaa, jonka pohjalta eroja tutkittiin. Aineiston keräys suoritettiin elokuussa 2011 ja se analysoitiin SPSS-ohjelmalla.

Tämän opinnäytetyön tulokset ovat pitkälti samansuuntaisia mitä vastaavanlaisista tutkimuksista on Lapissa saatu. Kulotus soveltuu siis hyvin yhteen kylvön kanssa, mutta vastaavasti istutuksessa siitä on jopa haittaa. Kulotus näyttäisi tämän tutkimusten perusteella lisäävän männyn taimien pituuskasvua sekä jonkin verran myös paksuuskasvua ainakin istutusaloilla. Taimimäärältään parhaiten Sodankylässä oli onnistunut kulotuksen, äestysten ja kylvön ketju. Pisimmät ja paksuimmat taimet koealueella olivat kehittyneet puolestaan kulotuksen, aurauksen ja istutuksen kautta.

Aineistolle tehty herkkyysanalyysi osoittaa mielestäni sen, että tämän kokeen tuloksia voidaan pitää suhteellisen luotettavina. Erityisesti maankäsittelyn ja viljelytavan tasolla tarkasteltaessa, aineisto pysyi melko stabiilina satunnaisotannasta riippumatta.

Avainsanat: Kulotus, maanmuokkaus, mänty, metsänistutus, metsänkylvö

| | | | |
|--------------------------|---|-------------|------|
| Author | Petri Onkamo | Year | 2012 |
| Commissioned by | Finnish Forest Research Institute | | |
| Subject of thesis | Effect of prescribed burning, soil preparation and cultivation method on forest regeneration in Sodankylä | | |
| Number of pages | 51 + 3 | | |

The aim of this thesis is to find out how prescribed burning, soil preparation and cultivation methods effect the Scots pine density of saplings, height – and thickness growth. The aim is to find out the differences between the forest regeneration chains and which chain produces the best results. Also the target is to find out how reliable the results are and how easily they change between the samples by using sensitivity analysis.

This thesis handles the results of one Finnish Forest Research Institute test area. The test area was set up in 1989 – 1990 to the southern part of Sodankylä. Before the set up of the test the area had a 100 – 200 year old spruce-dominant mixed forest growing in natural state, which was logged in winter 1989. In the same summer the area was burned and cultivated. The next year the test area was sowed and planted. Soil preparation methods in this area were harrowing, ploughing, mounding and uncultivated soil.

The test area is a typical box test. This thesis handles the results of 48 boxes. Each box was taken five circular sample plots systematically or overall 240 plots were measured. So each regeneration chain was measured 20 times, and based on the measurements the differences between the chains was studied. The data was collected in August 2011 and it was analyzed using SPSS software.

The results of this thesis are mainly similar to other surveys in Lapland. Prescribed burning is well suited for sowing, but respectively in the planting it has even disadvantage. Based on this survey prescribed burning seems to improve Scots pines height growth and also little thickness growth, at least in the planting areas. In Sodankylä the best result in density of saplings was a chain of prescribed burning, harrowing and sowing. The longest and the thickest saplings had grown up in a chain of prescribed burning, ploughing and planting.

The results of this thesis can be regarded as a relatively reliable, based on the data sensitivity analysis. Especially the soil preparation and cultivation method were quite stable despite random sampling.

Key words: Prescribed burning, soil preparation, Scots pine, sowing, planting

Sisältö

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO | 2 |
| 2 METSÄNUUDISTAMISEN KEINOJA | 5 |
| 2.1 METSÄNHOIDOLLINEN KULOTUS | 5 |
| 2.1.1 Historia ja nykyaika | 5 |
| 2.1.2 Kulotuksen tavoitteet | 6 |
| 2.1.3 Soveltuvat alueet | 7 |
| 2.1.4 Vaikutukset taimettumiseen ja taimien kasvuun | 8 |
| 2.2 MAANMUOKKAUS | 10 |
| 2.2.1 Tavoitteet ja vaikutukset | 10 |
| 2.2.2 Maanmuokkausmenetelmät | 12 |
| 2.3 METSÄNVILJELY | 15 |
| 2.3.1 Istutuksen onnistuminen ja istutusmenetelmät | 15 |
| 2.3.2 Kylvön onnistuminen ja kylvömenetelmät | 18 |
| 3 TUTKIMUSAINEISTO JA – MENETELMÄ | 22 |
| 3.1 KOEMETSÄ JA KOEJÄRJESTELYT | 22 |
| 3.2 AINEISTON KERUU | 25 |
| 3.3 AINEISTON KÄSITTELY | 26 |
| 4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU | 28 |
| 4.1 TAIMIMÄÄRÄ | 28 |
| 4.2 TAIMIEN PITUUS | 32 |
| 4.3 TAIMIEN KESKILÄPIMITTA | 35 |
| 4.4 AINEISTON HERKKYYSANALYYSI | 38 |
| 4.4.1 Taimimäärät | 38 |
| 4.4.2 Pituudet | 41 |
| 4.4.3 Läpimitat | 42 |
| 5 PÄÄTELMÄT | 45 |
| LÄHTEET | 48 |
| LIITTEET | |

KUVIO JA TAULUKKOLUETTELO

| | |
|---|----|
| Taulukko 1. Kulotuskelpoisuus kasvupaikoittain (Lemberg – Puttonen 2002, 28) | 8 |
| Kuvio 1. Aurausjälki kulotuslalla Sodankylän koalueella..... | 13 |
| Kuvio 2. Metsänviljely pinta-alat (1 000 ha) vuosina 1985 – 2010 (Metsäntutkimuslaitos 2011, 136)..... | 15 |
| Kuvio 3. Vuoden 2010 metsänuudistamistapojen osuudet uudistamisalasta Suomessa (Metsäntutkimuslaitos 2011, 117) | 18 |
| Kuvio 4. Koalueen sijainti (soveltaen Maanmittauslaitos 2012)..... | 22 |
| Taulukko 2. Esimerkki split-plot-koejärjestelystä..... | 25 |
| Taulukko 3. Taimimäärien ennustetut keskiarvot ympyräkoaloilta viljelytavoittain | 28 |
| Kuvio 5. Koalueen keskimääräiset taimimäärät muokkaustavoittain (istutus ja kylvö) 29 | |
| Taulukko 4. Taimimäärien ennustetut keskiarvot eri ketjuissa..... | 30 |
| Kuvio 6. Kulotuksen, äestyksen ja kylvön ketju..... | 31 |
| Taulukko 5. Taimien keskipituus desimetreinä viljelytavoittain | 32 |
| Taulukko 6. Taimien keskipituus desimetreinä muokkaustavoittain (istutus ja kylvö) | 33 |
| Taulukko 7. Taimien keskipituus (dm) ketjuittain | 34 |
| Taulukko 8. Taimien keskiläpimitat millimetreinä viljelytavoittain..... | 35 |
| Kuvio 7. Läpimittojen keskiarvot (mm) ketjuittain | 36 |
| Kuvio 8. Kulotuksen, aurauksen ja istutuksen ketju | 37 |
| Taulukko 9. Käsittelyjen p-arvot taimimäärissä eri satunnaisotannoilla..... | 38 |
| Kuvio 9. Taimimäärien keskiarvot ja 95 prosentin luottamusväli ketjuittain koko aineistolla | 38 |
| Kuvio 10. Taimimäärien keskiarvot ja 95 prosentin luottamusväli (75 % otanta) | 39 |
| Kuvio 11. Taimimäärien keskiarvot ja 95 prosentin luottamusväli (50 % otanta) | 40 |
| Kuvio 12. Taimimäärien keskiarvot ja 95 prosentin luottamusväli (25 % otanta) | 40 |
| Taulukko 10. Pituuksien keskiarvot (dm) viljelytavoittain ja eri otannoilla..... | 41 |
| Taulukko 11. Pituuksien keskiarvot desimetreinä ketjuittain ja eri otannoilla | 42 |
| Taulukko 12. Läpimittojen keskiarvot (mm) ketjuittain ja eri otannoilla..... | 43 |

1 JOHDANTO

Metsänuudistamisen päätavoite on saada päätehakkuun jälkeen uusi tuottava puusukupolvi nopeasti ja pienin kustannuksin. Uudistamisen tulokset näkyvät koko seuraavan kiertoajan metsässä, joten on tärkeää että uudistamisessa onnistutaan. (Valkonen 2008, 145.) Valtakunnan metsien kymmenennen inventoinnin (VMI10) tulosten mukaan metsänuudistamisessa on kuitenkin vielä Suomessa parantamisen varaa. Taimikoiden tila on huonontunut verrattuna edelliseen valtakunnan metsien inventointiin. Tyydyttäviä ja välttämättä taimikoita oli VMI10 tulosten mukaan 65 prosenttia, hyviä 30 prosenttia ja vajaatuottoisia loput viisi prosenttia. VMI9 tuloksissa hyvien taimikoiden osuus oli vielä 39 prosenttia. Taimikoiden huonontunut tila ei pelkästään johdu viivästyneistä taimikonhoidoista, vaan myös uudistamisen epäonnistumiset ovat osasyynä taimikoiden tilaan. (Korhonen–Ihalainen–Miina–Saksa–Viiri 2010, 1.) Tulokset osoittavat mielestäni sen, että metsänuudistamisessa riittää vielä tutkittavaa, jotta taimikoiden tilat saataisiin paremmalle tasolle.

Tämän opinnäytetyön aiheena on kulituksen, maanmuokkauksen ja viljelymenetelmän vaikutus metsänuudistamisen Sodankylässä. Olin kesän 2011 töissä Metsäntutkimuslaitoksella (Metla), jossa Sallan toimipaikan johtaja Pekka Välikangas ehdotti kyseistä opinnäytetyön aihetta minulle. Aihe kuulosti mielestäni hyvältä, joten päätin vastaanottaa työn. Aiheen lisäksi valintaa puolsivat se, että pääsin mukaan työn mittauksiin sekä sain hyvissä ajoin työn aiheen. Välikankaan lisäksi työtä ohjasivat toimeksiantajan eli Metlan puolelta erikoistutkijat Ville Hallikainen ja Mikko Hyppönen. Rovaniemen ammattikorkeakoulun puolelta ohjaavana opettajana toimi Liisa Kuutti.

Teoreettinen viitekehys käsittelee koealueen päälinjojen mukaisesti kulutusta, maanmuokkausta ja metsänviljelyä. Viitekehyksessä on keskitytty siihen, miten nämä kolme aihepiiriä vaikuttavat uudistamiseen sekä sen onnistumiseen. Viitekehyksessä pyritään tuomaan esiin kyseisten menetelmien tavoitteet ja vaikutukset. Erityisesti tarkastelun alla ovat taimikon syntyyn sekä taimien kasvuun liittyvät aiheet. Edellisten lisäksi viitekehyksessä käsitellään tilastotietoa aiheista, joissa keskitytään siihen, miten kyseisiä menetelmiä käytetään Suomessa. Tilastoja on tarkasteltu erityisesti Pohjois-Suomen näkökulmasta, koska koealue sijaitsee Lapissa.

Tämä opinnäytetyö käsittelee yhden Metlan kokeen tuloksia. Sodankylän kunnan eteläosassa Vuorsoseljässä sijaitseva koe perustettiin vuosina 1989 – 1990. Ennen kokeen perustamista alueella kasvoi luonnontilaista 100 – 200-vuotiasta kuusivaltaista sekametsää, mikä hakattiin talvella 1989. Samana kesänä suoritettiin alueelle kulotus sekä maanmuokkaukset. Seuraavana vuonna suoritettiin männyn istutus sekä kylvö. Istutettujen taimien tiheys oli 2 500 kappaletta hehtaarilla (kpl/ha) ja kylvöpisteiden lukumäärä 5 000 kpl/ha. Kokeen muokkausmenetelminä ovat: äestys, auraus, mätästys sekä muokkaamaton maa. Sodankylän koe on tyypillinen ruutukoe. Ruutujen koko on 40 metriä X 40 metriä (0,16 hehtaaria). Alue soveltuu hyvin tutkimuskäyttöön, koska se on olosuhteiltaan tasainen.

Opinnäytetyön aineiston keräys suoritettiin elokuussa 2011 ja työstä vastasi Metlan Sallan toimipaikan mittausryhmä. Opinnäytetyöhön ruutuja otettiin käyttöön 48 kappaletta. Jokaisesta ruudusta otettiin systemaattisesti viisi ympyräkoealaa eli kaikkiaan niitä mitattiin 240 kappaletta. Näin jokaisesta uudistamisketjusta saatiin yhteensä 20 koealaa, joiden pohjalta uudistamisketjujen välisiä eroja tutkittiin. Kerätty aineisto syötettiin aluksi Excelliin, josta se siirrettiin SPSS- ohjelmaan analysointia varten. Aineisto analysoitiin pituuksien ja läpimittojen osalta lineaarisen mallin avulla. Taimimäärät eivät puolestaan noudattaneet normaalijakaumaa, joten niiden osalta analysointi tehtiin Poissonin log-lineaarista mallia käyttäen. Kaikki työssä esitetyt tulokset perustuvat mallien tuottamiin ennusteisiin.

Vuorsoseljän koejärjestely ei täysin vastaa tilastolliselle kokeelle asetettuja vaatimuksia, koska koejärjestelyä ei ole tarpeeksi satunnaistettu. Tämän vuoksi tuloksia tarkastellaan erikseen eräänlaisen herkkyysanalyysin kautta, missä aineistosta on otettu satunnaisotoksia tietyn väliajoin. Satunnaisotosten tuloksia verrataan koko aineiston tuloksiin, joiden pohjalta tutkitaan kuinka herkästi tulokset muuttuvat eri otannoilla. Herkkyysanalyysin tarkoituksena on tutkia tulosten luotettavuutta tekemällä satunnaistaminen tavallaan jälkikäteen.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää miten kulotus, maanmuokkausmenetelmät ja viljelytavat vaikuttavat taimitiheyteen sekä taimien pituus- että paksuuskasvuun männyllä. Tulosten pohjalta selvitetään, minkälaisia eroja uu-

distamisketjujen välillä on sekä se, että mikä ketju tuotti parhaimman uudistamistuloksen koealueella. Lisäksi tavoitteena on herkkyyksianalyysin kautta tutkia, kuinka luotettavia saadut tulokset ovat ja kuinka herkästi ne muuttuvat eri otannoilla.

Tuloksia tulkittaessa on huomioitava se, että tulokset ovat vain yhdeltä pieneltä koealueelta, joten ne eivät ole yleistettävissä laajemmalle alueelle. Lisäksi koejärjestely ei ole tilastollisesti täysin puhdasoppinen, joten suurempia johtopäätöksiä ei tulosten perusteella voida tehdä. Taimitiheyksiä tarkasteltaessa on myös huomattava se, että kaikille 16 kylvetylle ruudulle on tehty taimikonhoito. Taimikonhoitoa ei ole tehty istutetuille ruuduille, mutta muita puulajeja esiintyi koealueella vain satunnaisesti.

2 METSÄNUUDISTAMISEN KEINOJA

2.1 METSÄNHOIDOLLINEN KULOTUS

2.1.1 Historia ja nykyaika

Metsänhoidollinen kulotus alkoi Suomessa 1800-luvun loppupuolella, mutta jo satoja vuosia ennen tätä oli metsämaata poltettu kaskiviljelyn tarpeisiin. Luontaiset metsäpalot ovat kuitenkin kuuluneet Pohjoiseen havumetsävyöhykkeen normaaliin kiertokulkuun koko jääkauden jälkeisen ajan. (Karjalainen 1994, 2–3.) Ensimmäinen pelkästään metsänhoidollisessa mielessä tehty kulotus tehtiin Evon metsäopistolla vuonna 1875. Seitsemän vuotta myöhemmin tulivat ensimmäiset kulotusohjeet Metsäyhdistyksen toimesta. Kulotus yleistyi kuitenkin ensimmäisen kerran vasta 1920-luvulla, jolloin sitä käytettiin yhdessä männyn hankikylvön kanssa. (Lemberg – Puttonen 2002, 7, 16.)

Kulotusmäärät nousivat 1920- ja 1930-luvuilla parhaimmillaan yli 5 000 hehtaariin. Sen jälkeen määrät laskivat, kunnes loppuivat kokonaan Suomen sotien vuoksi vuosina 1939 – 1945. Jatkosodan jälkeen tilanne kuitenkin elpyi nopeasti 1920-luvun tasolle. Jo 1950-luvun puoleen väliin mentäessä oli tapahtunut räjähdysmäinen kasvu, kun kulotusmäärät olivat vuosittain yli 30 000 hehtaaria. Tämän jälkeen kulotusmäärät kääntyivät jyrkkään laskuun koneellisen maanmuokkauksen yleistyessä. Esimerkiksi 1960-luvun lopulla kulotettiin enää noin tuhat hehtaaria. Tämän jälkeen kulotusmäärät ovat vaihdelleet noin 500 hehtaarista 5 000 hehtaariin. Viimeksi yli 5 000 hehtaaria saavutettiin 1980-luvun loppupuolella. (Lemberg – Puttonen 2002, 16–17.)

Pieni 1980-luvun nousu kääntyi kuitenkin nopeasti laskuun. 1990-luvulla kulotettiin keskimäärin enää 1 500 hehtaaria. Viimeisen neljän vuoden aikana kulotusmäärät ovat tippuneet jo alle 700 hehtaarin vuodessa. (Suomen ympäristökeskus, 2010.) Pohjanoteeraus saavutettiin vuonna 2010, jolloin koko Suomen kulotusmäärä oli vain 174 hehtaaria. Lapissa näistä kulotettiin noin 30 hehtaaria, mutta vastaavasti Pohjois-Pohjanmaalla kulotuksia ei tehty ensimmäistäkään. (Metsäntutkimuslaitos 2011, 133.) Lappi on kulotusten kannalta tärkeä alue, koska siellä on pitkät perinteet kulotuksen käytöstä. Uudistusalojen koot ovat Lapissa muuhun Suomeen verrattuna suuremmat, mitkä

ovat myös heijastuneet kulotusalojen kokoihin. (Metsätalouden kehittämiss-
keskus Tapio 2009, 10.)

Vuosina 2006–2010 alueellisten metsäohjelmien yhteistavoite kulotusmäärille oli 800 hehtaaria vuosittain yksityisten omistamilla mailla (Maa- ja metsätalo-
usministeriö 2006, 19). Kun nykyistä tilannetta verrataan alueellisten metsä-
ohjelmien tavoitteisiin, niin voidaan nähdä kulotusmäärien jääneen jälkeen
tavoitteista ohjelman jokaisena vuotena. Tavoite vuosille 2006–2010 on ollut
kova, koska viimeisen viidentoista vuoden aikana kyseinen 800 hehtaarin
määrä on saavutettu vain kerran. (Metsäntutkimuslaitos 2011, 133.)

Metsänhoidollisen kulotuksen vähäiseen käyttöön on useita syitä. Verrattuna
maanmuokkaukseen kulotus vaatii paljon ennakkovalmisteluja ja se on riip-
puvainen säätekijöistä. Sateisina kesinä kulotusta ei voida siis toteuttaa. So-
pivia kohteita on nykyisin vähän, koska kulotusalueiden tulisi olla laajoja ko-
konaisuuksia. (Metsä puhuu – tulevaisuushanke 2012.) Lisäksi toteuttaminen
vaatii paljon työntekijöitä, mutta osaavaa työvoimaa on vähän saatavilla. On-
nistuneen kulotuksen yksi kriteeri on se, että uudistusalueella on riittävästi pala-
vaa puuta. Hakkuutähdettä sekä kantoja kerätään vuosi vuodelta enemmän,
mitkä käytännössä estävät kulotuksen toteuttamisen tällaisilla alueilla. (Nie-
minen 2006, 41.) Kulotukseen liittyy aina riski tulen karkaamisesta, mikä
osaltaan myös vähentää kulotuksen käyttöä (Rissanen ym. 2002, 30). Monen
silmään kulotuksen maisemavaikutukset ovat myös negatiivisia, joten sitä ei
haluta toteuttaa (Karjalainen 1994, 18).

2.1.2 Kulotuksen tavoitteet

Suomessa kulotusta on perinteisesti käytetty pääasiassa metsänhoidollises-
sa mielessä. Kaksi vuosikymmentä sitten tilanne kuitenkin muuttui hieman,
kun kulotusta alettiin käyttää myös luonnon monimuotoisuuden lisäämiseen.
Luonnonhoidolliset - ja suojelutavoitteet ovatkin nousseet suurempaan osaan
nykyaikana. Vastaavasti metsänuudistamiseen liittyvät tavoitteet ovat jääneet
vähemmälle huomiolle. (Lemberg – Puttonen 2002, 10.)

Metsänhoidollisessa kulotuksessa on tarkoituksena varmistaa hyvät kasvu-
olosuhteet tulevalle puusukupolvelle (Saaristo 2009). Kulotuksella tavoitel-
laan lämpö- ja ravinneolojen parantamista, happamuuden vähenemistä, pin-

takasvillisuuden kilpailun pienentämistä sekä viljelytyön helpottamista. (Lemberg – Puttonen 2002, 11–12.) Päällimmäisinä tavoitteina ovat siis uudistamistuloksen sekä puiden kasvun parantaminen (UPM Metsä 2011, 5).

Kulotuksen luonnonhoidolliset ja suojelutavoitteet ovat osin päällekkäisiä. Esimerkiksi nykyisillä kulotuksilla pyritään lisäämään talousmetsien monimuotoisuutta, ja samalla pystytään suojelemaan uhanalaisia ja vaarantuneita lajeja sekä luontotyyppejä. Monet näistä lajeista ovat riippuvaisia kulotuksen tuottamista palaneista puista tai palaneista maa-aineksista. Kulotukset ovat erittäin tärkeitä näiden lajien säilymisen kannalta, koska myös metsäpalopinta-alat ovat nykyään vähäisiä. (Lemberg – Puttonen 2002, 10–12.) Vuonna 2010 metsäpaloja oli yhteensä 520 hehtaarin alalla (Metsäntutkimuslaitos 2011, 115).

2.1.3 Soveltuvat alueet

Kulotus soveltuu parhaiten tuoreille ja kuivahkoille kankailla. Erityisesti maa-lajiltaan moreenipitoiset maat ovat hyviä kohteita. Kulotettavan alueen vesitalouden tulee myös olla kunnossa, koska muuten kulotuksesta ei ole suurta hyötyä. Kulotus soveltuu hyvin myös kivisille alueille, koska maanmuokkaukset ovat monesti ongelmallisia tällaisilla alueilla. (Mälkönen 2003, 174.) Lehtomaisista kankaista kulotettavaksi soveltuvat ”kuivat maannokset”, kuten rautapodsoli. Lehtomaisten kankaiden ongelmana on saavuttaa riittävä kuivatusaste, koska monesti ne sijaitsevat alavilla ja kosteilla mailla. Kuivista kankaista kulotettavaksi soveltuvat alueet, joissa on riittävä humuskerros. (Lemberg – Puttonen 2002, 26–27.)

Kaikille kasvupaikoille kulotus ei sovellu (Taulukko 1, s.8), koska joissakin tilanteissa sen vaikutukset voivat olla jopa negatiivisia. Väärälle alueelle tehty kulotus voi esimerkiksi aiheuttaa ongelmia maan ravinne- ja vesitalouteen. Kokonaan kulotukselle sopimattomia kasvupaikkatyyppejä ovat lehdot ja karukkokankaat. Lehdoista puuttuu nopean ravinnekierron vuoksi kangashumus, joten kulotukset eivät ole järkevä toimenpide. Lehdot ovat yleensä myös suojeltuja elinympäristöjä, joten niiden kulottaminen ei ole edes sallittua. Karukkokankaat ovat puolestaan nimensä mukaisesti liian karuja, joissa humuskerrosta ei juuri ole.

Lehtomaisista kankaista kulotuksen ulkopuolelle jäävät kosteat maat, joissa maannos on märkää. Märkä maannos estää käytännössä kulotuksen toteuttamisen. Kuivien kankaiden kivisimmät ja karuimmat alueet jäävät myös kulotusten ulkopuolelle, koska humuskerrokset ovat liian ohuita. Kulotuskelvottomia kohteita voidaan kuitenkin kulottaa, jos tavoitteet on asetettu metsänhoidon sijasta pelkästään luonnonhoidon suuntaan. (Lemberg – Puttonen 2002, 26–28.)

Taulukko 1. Kulotuskelpoisuus kasvupaikoittain (Lemberg – Puttonen 2002, 28)

| Kasvupaikkatyyppi | Kulotuskelpoisuus |
|--------------------|--|
| Lehto | Ei |
| Lehtomainen kangas | Kuivat maannokset: Kyllä Märät maannokset: Ei |
| Tuore kangas | Kyllä |
| Kuivahko kangas | Kyllä |
| Kuiva kangas | Humuskerros paksu ja hakkuutähdettä riittävästi: Kyllä Kiviset ja karut: Ei |
| Karukkokangas | Ei |

Kulotusalue on usein kuusivaltainen metsä, koska sieltä hakkuutähdettä syntyy riittävästi. Mäntyvaltaisia metsiäkin voidaan kulottaa, mutta palavaa ainesta on oltava riittävästi. Runsas hakkuutähteen määrä uudistusaloilla aiheuttaa ongelmia viljelytyöhön sekä lisää kustannuksia. Jos hakkuutähteet kerätään pois, niin samalla katoaa myös paljon ravinteita alueelta. Kulotuksessa puolestaan ravinteet jäävät alueelle ja viljelytyö helpottuu. (Lemberg – Puttonen 2002, 29.)

2.1.4 Vaikutukset taimettumiseen ja taimien kasvuun

Kulotusta käytetään erityisesti yhdessä kylvön kanssa, koska siitä saadut uudistamistulokset ovat olleet hyviä. Vastaavasti kulotus yhdistettynä istutukseen ei ole tuottanut yhtä hyviä tuloksia. (Pohtila – Pohjola 1985, 245.) Kulotus helpottaa taimien alkukehitystä, koska hakkualan vesoittuminen ja pinta-kasvillisuuden rehevöityminen vähenevät kulotuksen seurauksena. Erityisesti rehevillä mailla kulotuksesta on hyötyä, koska taimet saavat kasvaa alun rauhassa, muiden kasvien kilpailun ollessa tällöin vähäisempää. (Lemberg –

Puttonen 2002, 12.) Metsänhoitosuositusten mukaisesti uudistusalalla tulee kulotuksen jälkeen tehdä kevyt maanmuokkaus (Metsätalouden kehittämisskeskus Tapio 2006, 28.)

Kulotus sopii parhaiten yhteen männyn uudistamisen kanssa. Männylle liian ravinteikkaat kulotusalueet suositellaan uudistettavaksi rauduskoivulla. (Mälikönen 2003, 169, 174.) Koivun uudistusalat ovat kuitenkin ongelmallisia, koska hirvituhot ovat niissä yleisiä (Kankaanhuhta – Heikkilä – Lipponen – Väkevä 2010). Pohjois-Suomessa koivun uudistamista haittaavat myös porot etenkin kesälaidunalueilla (Hyppönen 2002, 3). Jos alueen hirvikanta on suuri, niin rauduskoivun sijaan voidaan käyttää kuusta. Kuusen soveltuminen kulotetuille alueille on kuitenkin heikompaa, kuin mitä männyllä ja koivulla. (Lemberg – Puttonen 2002, 30.) Vaikka uudistamien tapahtuisikin kuuselle, niin kulotusalueille syntyy aina luontaisesti koivua täydentämään metsää (Mälikönen 2003, 174).

Hyvin tehty kulotus parantaa maan lämpö- ja ravinneolosuhteita, joiden lisäksi humuskerros ohenee palamisen vaikutuksesta (Saaristo 2009). Varsinainen humuskerroksen oheneminen tapahtuu kuitenkin vasta kulotuksen jälkeen, jolloin hajotustoiminta kiihtyy ja maa on lämmin. Kymmenen vuotta kulotuksen jälkeen kangashumusta on enää vain vähän jäljellä. Kulotuksen vaikutus humuskerrokseen tulee hyvin esiin liitteissä olevien kuvien kautta (Liite 1, 2 ja 3). Ohut humuskerros vaikuttaa positiivisesti taimien menestymiseen, koska routa sulaa keväällä nopeammin, ja näin taimet pääsevät aikaisemmin kasvuun. Kulotettu maa sitoo lisäksi paremmin auringon lämpöä kuin kulottamaton. Kasvukauden aikana maanpinnan lämpötilan on tutkittu olevan useita asteita korkeampi kulotetulla kuin kulottamattomalla avohakkuualalla. (Lemberg – Puttonen 2002, 90–91.)

Kulotusta tehtäessä on muistettava se, että tuli ei saa polttaa humuskerrosta kokonaan. Erityisesti tämä on huomioitava karuimpien kasvupaikkojen kulotuksissa, missä humuskerrokset ovat normaalisti ohuita. Liian voimakkaasta palamisesta voi aiheutua eroosiota, maan vedenpidättyvyyskyvyn heikkenemistä sekä ravinteiden huuhtoutumista. Seurauksena voi olla maan tuottokyvyn aleneminen, mikä näkyy negatiivisesti taimettumisessa sekä taimien kasvussa. (Rissanen ym. 2002, 30.)

Tutkimusten mukaan humuskerroksen happamuus vähenee kulotuksessa yleensä 0,5–2,0 pH-yksikköä ja vaikutus kestää muutamasta vuodesta kymmeniin vuosiin. Vastaavasti happamoitumisen väheneminen kivennäismaan pintaosissa on tutkimusten mukaan pientä. (Karjalainen 1994, 5.) Happamuuden vähentyessä puiden ravinteiden saanti paranee, minkä seurauksena puiden kasvu nopeutuu (Finnish Forest Research Institute 2011). Happamuuden väheneminen johtuu siitä, että palaneen aineksen sisältämät ravinteet vapautuvat pääasiassa emäksisinä yhdisteinä (Mälkönen 2003, 170).

Keskeisin ravinne puiden kasvun kannalta on typpi. Kulotuksessa vapautuu paljon typpeä ilmakehään, mutta sillä ei ole vaikutusta kasveille käyttökelpoisen typen määrään. Vain pieni osa koko typen määrästä on kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Kulotuksen myötä kasveille käyttökelpoisen typen määrän on havaittu nousevan, koska typen mineralisaatio onnistuu paremmin happamuuden vähentyessä ja lämpötilan noustessa. Kulotus lisää myös kaliumin ja kalsiumin määriä, mutta yleensä kangasmailla niitä on riittävästi puiden tarpeisiin. Myös magnesiumin määrä lisääntyy kulotuksen vaikutuksesta, mutta yleensä sen puute ei aiheuta kasvutappioita kangasmailla. Ravinteiden saannin parantuminen on voimakkainta heti kulotuksen jälkeen. (Mälkönen 2003, 170–172, 177.)

2.2 MAANMUOKKAUS

2.2.1 Tavoitteet ja vaikutukset

Maanmuokkauksella on suuri vaikutus metsänviljelyn ja luontaisen uudistamisen onnistumiselle. Maanmuokkauksen päällimmäisin tavoite onkin varmistaa metsänuudistamisen onnistuminen. Maanmuokkaus luo edellytykset nopealle taimikon syntymiselle ja taimien nopealle kasvulle. Kun tässä on onnistuttu, saadaan aikaan tasalaatuinen ja hyvin kasvava taimikko. Maanmuokkauksen aikaansaamat vaikutukset näkyvät koko seuraavan kiertoajan metsässä. (Immonen ym. 2000, 3.)

Tärkeää maanmuokkauksessa on valita oikea menetelmä, koska oikein valittuna se vähentää uudistamista haittaavia tekijöitä. Viljelytyö on helpompaa, minkä lisäksi kustannukset ovat pienemmät erityisesti istutuksessa. Oikein valittu maanmuokkaustapa tuottaa tiheän taimikon ja nopeuttaa taimien kehi-

tystä. Sekä maanmuokkaus että viljely kannattaa suunnitella huolella, sillä väärin toteutettuna niistä voi aiheutua ylimääräisiä ja turhia kustannuksia. Jos uudistamisessa ei onnistuta, niin kyseeseen voi tulla alueen uudelleen muokkaus ja viljely tai täydennysviljely. Tämän vuoksi metsänuudistaminen on pyrittävä ottamaan varman päälle. (Mälkönen 2003, 159–161, 166.)

Oikein tehty maanmuokkaus parantaa maan vesitaloutta, ilmavuutta sekä lämpöoloja. Jotta taimet kasvaisivat, niiden juuret tarvitsevat oikean määrän vettä, lämpöä ja happea. Päätehakkuun jälkeen maan vesiolot muuttuvat, koska vettä haihduttava puusto on poissa. Alavilla ja hienorakenteisilla mailla voi tällöin pohjavedenpinta nousta, mistä aiheutuu ongelmia taimien juurille. Muokkauksen avulla taimet saadaan parempaan kasvupaikkaan, missä liiallinen kosteus ei uhkaa juuria. Karut ja kuivat kangasmaat puolestaan läpäisevät hyvin vettä, jolloin muokkausten tarkoituksena on saada kosteampi kivennäismaa paljastumaan. Paljastetussa kivennäismaassa kosteusolot ovat paremmat kuin muokkaamattomassa maassa, jolloin siemenet itävät paremmin. (Luoranen – Saksa – Finér – Tamminen 2007, 19–21.)

Suomen maaperä on luonnostaan tiivistä. Tiiviissä maassa on huokostilavuus pieni, mistä seuraa juurten huono hapensaanti. Maanmuokkauksella pyritään vähentämään maan tiiviyttä ja saamaan aikaan enemmän ilmavuutta. Kuohkea muokkausjälki lämpenee myös tiivistä maata nopeammin, minkä lisäksi taimet juurtuvat paremmin kuohkeaan maahan. Normaalissa istutuksessa on kuitenkin muistettava tiivistys, jotta taimi ei jää liian löyhästi maahan kiinni. (Luoranen ym. 2007, 19.)

Maan lämpötila kohoaa muokkauksen vaikutuksesta, millä on positiivinen vaikutus taimen kasvuun. Erityisesti tästä on hyötyä viileissä ilmasto-olosuhteissa, kuten Pohjoismaiden pohjoisosissa. (Lundmark 2006, 2.) Lämpötilan nousu perustuu siihen, että paljastettu kivennäismaa lämpenee huomattavasti nopeammin, kuin pintakasvillisuuden ja orgaanisen aineksen peittämä maa. Suurin hyöty tästä saavutetaan keväisin, jolloin taimien juuret alkavat toimimaan aikaisemmin. (Luoranen ym. 2007, 21–22.)

Rehevillä mailla taimet joutuvat kovaan kilpailuun pintakasvillisuuden kanssa. Eniten ongelmia rehevöitymisen kanssa on erityisesti Etelä-Suomessa.

(Lundmark 2006, 2.) Taimet kilpailevat useiden kasvien kanssa tilasta, ravinteista, vedestä sekä valosta. Kilpailun vuoksi onkin tärkeää saada taimet kasvamaan alussa hyvin, jotta muut kasvit eivät tukehduta niitä. Oikean maanmuokkauksen avulla taimet saadaan korkeammalle, mikä vähentää kilpailun haittoja huomattavasti. (Luoranen ym. 2007, 21–22.)

Muokkauksella pystytään vähentämään myös monia taimituhoja. Merkittävimmät näistä ovat tukkimiehentäi, halla sekä myyrätuhot. Tukkimiehentäin tuhoriski vähenee, kun taimen ympärillä on joka puolella vähintään 15 senttiä kivennäismaata. (Luoranen ym. 2007, 24.) Erityisesti maanmuokkauksesta on hyötyä Etelä-Suomessa, missä tukkimiehentäin aiheuttamat tuhot ovat merkittäviä (Lundmark 2006, 2).

Hallatuhoja voidaan myös vähentää muokkauksen avulla, kuten esimerkiksi mätästyksellä. Hallatuhot tulevat yleensä painanteisiin, mutta mätästyksen avulla taimet saadaan korkeammalle, missä kylmää ilmaa on vähemmän. Myyrätuhot ovat suurimpia pellonmetsityksessä, missä maanmuokkaus vähentää myyrätuhojen riskiä. (Luoranen ym. 2007, 25.) Maanmuokkauksen kautta voidaan vähentää myös muita hyönteis- sekä sienituhoja. Tämä perustuu siihen, että tuhoriski lisääntyy runsaassa pintakasvillisuudessa sekä maan kosteuden ollessa korkea. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2006, 76.)

2.2.2 Maanmuokkausmenetelmät

Pohjois-Suomessa **säättöauraus** sopii paksukunttaisille, soistuneille ja tiivis-pohjaisille uudistusaloille. Nykyisessä säättöaurauksessa muokkausjäljen syvyyttä ja leveyttä voidaan säätää, joiden lisäksi voidaan jättää muokkauskatkoja. Kivennäismaiden auruksissa keskisyvyyden tulisi nykyisten suositusten mukaan jäädä alle 25 sentin. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2007, 37.) Verrattuna entisaikojen metsäauraukseen, on nykyinen säättöauraus paljon maltillisempi muokkausmenetelmä. Nykyinen auras tehdään säättöauralla, missä humus ja osa pintamaasta käännetään auralla palteeksi vaon viereen (Kuvio 1, s.13). Istutus tapahtuu korkealle palteeseen ja palteen puuttuessa vaon viereen pientareelle. (Luoranen ym. 2007, 31.)



Kuvio 1. Aurausjälki kulotusalueella Sodankylän koealueella

Vuonna 2010 säättöaurausta tehtiin hieman alle kolmella prosentilla kaikista Suomen muokkausaloista. Säättöaurausta ei tehty ollenkaan valtion ja metsäyhtiöiden mailla vuonna 2010. Aurauksen käytöstä luovuttiin kokonaan valtion mailla 1990-luvulla. Muokkaustapaa käytettiin siis ainoastaan yksityisten omistamilla mailla vuonna 2010. (Metsäntutkimuslaitos 2011, 132.)

Mätästystä käytetään muokkausmenetelmänä hienojakoisilla, heinittyvillä, kunttaisilla, kylmillä ja veden vaivaamilla alueilla (Mälkönen 2001, 126). Kivennäismailla mätästystä voidaan käyttää kuusen istutuksen lisäksi yhdessä koivun istutuksen kanssa. Mätästystä voidaan tehdä neljällä eri tavalla. Vaihtoehtoja ovat laikku-, kääntö-, navero- ja ojitusmätästys. Yhtenäistä näille kaikille on, että jokaisessa menetelmässä tehdään kohoumia, mihin varsinainen istutustyö tapahtuu. Mättäät ovat 10–30 sentin korkuisia, riippuen siitä minkälainen maaperä on uudistusalueella kyseessä. (Metsätalouden tutkimiskeskus Tapio 2007, 37.)

Mätästyksen avulla viljelykohdat ovat normaalia maanpintaa korkeammalla, ja näin taimien kasvuedellytykset paranevat huomattavasti. Lämpöolot, kuivastilanne, ilmavuus ja ravinteiden saanti paranevat, joiden lisäksi pintakasvilisyyden kilpailu vähenee. Esimerkiksi hienoaineksisessa maaperässä kuu-

sen taimi voi juroa monta vuotta, jolloin pintakasvillisuus ehtii rehevöityä ja näin huonontaa uudistamistulosta. Pintakasvillisuuden rehevöitymisen vuoksi mätästys sekä istutustyö kannattaa tehdä mahdollisimman pian päätehakkuun jälkeen. (Mälkönen 2003, 163–166.)

Mätästys on Suomen suosituin maanmuokkausmenetelmä. Hieman yli puolet kaikista uudistusaloista muokattiin mätästämällä vuonna 2010. Samana vuonna Lapissa mätästys oli toiseksi suosituin menetelmä. Mätästys on noussut vasta viime vuosikymmenenä Suomen suosituimmaksi muokkaustavaksi. Esimerkiksi vuonna 2001 se oli vasta kolmanneksi suosituin tapa äestytksen ja laikutuksen jälkeen. Syynä mätästytksen lisääntyneeseen käyttöön lienee kuusen viljelyn lisääntyminen, mikä on kasvanut merkittävästi vuosituhannen vaihteesta lähtien. (Metsäntutkimuslaitos 2011, 132, 134, 136.)

Äestys soveltuu männyn uudistusaloille sekä kuusella keskikarkeille tuoreille kankailla. Hyvän metsänhoidon suositusten mukaan äestys sopii kuivalla kankaalla keskikarkeaan maahan, kuivahkolla kankaalla karkeaan sekä keskikarkeaan ja tuoreella kankaalla karkeaan maaperään, kun kyseessä on männylle suoritettava uudistaminen. Äestystä ei siis suositella hienoille maa-lajeille. Veden vaivaamat ja paksukunttaiset uudistusalat eivät myöskään sovellu äestytkselle. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2007, 36–37.)

Äestys toteutetaan metsätraktorilla, jonka perässä olevat muokkauslautaset paljastavat kivennäismaan pinnan. Muokkausjälki on jatkuva ja noin 5–10 senttiä syvää. (Valkonen 2008, 158.) Yhden muokkauslautasen tuottama jälki on leveydeltään 60–70 senttiä (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2007, 37). Liian syvä muokkaus huonontaa taimen kasvuun lähtöä, sillä kilpailu pintakasvillisuuden kanssa kovenee ja juuriston kasvuedellytykset ovat heikot syvässä muokkausjäljessä (Mälkönen 2003, 163). Istutettavilla aloilla kivennäismaa on kuitenkin saatava puhtaaksi humuksesta taimituhojen välttämiseksi. Kylvettävillä ja luontaisilla uudistaloilla voi kivennäismaan sekaan jäädä jonkin verran humusta, mikä vähentää eroosioriskiä. (Luoranen ym. 2007, 26.)

Äestys on Suomen toiseksi käytetyin maanmuokkausmenetelmä. Vuonna 2010 kaikista uudistusaloista muokattiin äestämällä 29 prosenttia. Vastaa-

Istutusta edeltää yleensä maanmuokkaus sekä tietyissä tapauksissa uudistusalan raivaus. Uudistusalan raivauksessa jätetään raivaamatta tulevaan taimikkoon sopiva kehityskelpoinen taimiaines. Männyn istutusaloiilla säästettävät taimet tulisivat olla havupuun taimia, jonka lisäksi ne eivät saisi olla metriä pidempiä. Kuuselle istutettavat alat voidaan jättää raivauksen ulkopuolelle, jos jäävää puustoa ei ole liikaa. Uudistusalan raivaus on kuitenkin hyvä toteuttaa aina tarpeen vaatiessa, sillä jäävä puusto hidastaa istutettavien taimien kasvua ja haittaa muokkauskoneen toimintaa. (Hyppönen – Karvonen 2005, 81–82.)

Istutettavat taimet tulee valita aina kyseisen kohteen mukaan. Tärkeintä on se, että taimet ovat alkuperältään ja perinnöllisiltä tekijöiltään sopivia kyseiselle kohteelle. Siementen lähtöisyysalueen tulisi siis olla sama kuin istutusalan sijainninkin, koska perimältään eriltä alueelta olevat taimet ovat alttiita tuhoille ja kasvuhäiriöille. (Koski 2001, 152, 159–160.) Taimia valittaessa tulee kiinnittää huomiota myös kasvupaikan ominaisuuksiin. Esimerkiksi reheville uudistusaloille ja pellonmetsitys kohteille voidaan valita suuremmat kaksivuotiaat taimet, jos epäillään muun kasvillisuuden rehevöitymisen olevan voimakasta. Alueille joissa pintakasvillisuus ei ole ongelma voidaan valita puolestaan normaalit yksivuotiaat taimet. Taimen koolla voidaan siis parantaa uudistamistulosta. (Hurme – Ahola 2007, 11.)

Istutuksen onnistumisen kannalta optimaalinen maaperän lämpötila on +10 astetta, minkä lisäksi taimen tulisi olla lepotilassa taimitarhalla tullessaan. Ennen istutusta taimet tulisi kastella läpimäriksi, jotta taimet eivät kuivuisi istutuksen jälkeen. Istutus toteutetaan yleensä keväällä pian lumien sulettua. Periaatteessa istutuksia voidaan tehdä läpi koko kesän, jos maaperä pysyy riittävän kosteana. Kuivina aikoina taimen varastointiin on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta taimet pysyvät riittävän kosteina. Taimet voivat kuivua herkästi kesän kuivina poutakausina. Taimia voidaan istuttaa myös syksyllä. Syysistutuksessa on huomioitava se, että juuret ehtivät ankkuroitua tarpeeksi maahan ennen talven tuloa. (Hyppönen – Karvonen 2005, 86.)

Istutuskohdan valintaan tulee kiinnittää suurta huomiota, koska se on merkittävin tekijä taimen menestymisen kannalta. Istuttajalla on siis suuri vastuu viljelytyön onnistumisesta, koska taimen istutuskohdan valitsee aina istuttaja.

Istutuskohta riippuu aina muokkaustavasta sekä vallitsevista sääolosuhteista. Pääsääntönä voidaan pitää sitä, että taimet istutetaan kosteaan maahan, mutta ei liian alaviin ja vettä kerääviin kohtiin muokkausjäljessä. Lisäksi istutettavat taimet tulisi saada riittävän syvälle maahan, mikä suojaa taimia routimiselta. Tiivistettyä maata tulisi saada paakun päälle noin kolmesta sentistä neljään senttiin. Tiivistyksessä on huomioitava se, että taimi ei jää vinoon. Taimet tulisikin saada pystysuoraan, minkä kautta kehittyvät laadukkaimmat puut. (Kinnunen 2001, 146–147.)

Istutusta voidaan käyttää kaikkien kotimaisten puulajien viljelyssä. Istutustiheys vaihtelee puulajin ja uudistusalojen olosuhteiden mukaisesti. Tiheyttä voidaan laskea, jos alueelle on odotettavissa luonnontaimia täydentämään istutettuja taimia. Pohjois-Suomessa suositusten mukainen istutustiheys on männyllä 2 000–2 500 kpl/ha ja kuusella 1 800–2 000 kpl/ha. (Hyppönen – Karvonen 2005, 81, 86.)

Istutus voidaan tehdä niin miestyönä kuin koneellakin. Koneellinen istutus ei kuitenkaan ole kehittynyt yhtä suosituksi kuin konekylvö. Koneellisen istutuksen osuus on nykyään alle viisi prosenttia, joten suurin osa työstä tehdään manuaalisesti miestyönä. Nykyään istutettavat taimet ovat pääasiassa paakutaimia, jotka istutetaan pottiputkella. (Hyppönen – Karvonen 2005, 85–87.) Aikoinaan paljon käytetyt paljasjuuriset taimet ovat hävinneet lähes kokonaan käytöstä. Nykyisin paljasjuuritaimia käytetään eniten kuusen istutuksessa, mutta niiden osuus on aivan marginaalinen (0,2 %) koko kuusen istutusmäärästä. (Metsäntutkimuslaitos 2011, 141.)

Uudistamisaloista 63 prosenttia istutettiin vuonna 2010 (Kuvio 3, s.18). Suosituinta istutus on kuusella, jonka osuus istutusaloista on 69 prosenttia. Poiketen muusta Suomesta Lapissa männyn istutus on suosituempaa kuin kuusen istutus. Mäntyä istutettiin melkein kolminkertainen määrä kuuseen verrattuna. (Metsäntutkimuslaitos 2011, 117, 136.)



Kuvio 3. Vuoden 2010 metsänuudistamistapojen osuudet uudistamis-pinta-aloista Suomessa (Metsäntutkimuslaitos 2011, 117)

2.3.2 Kylvön onnistuminen ja kylvömenetelmät

Kylvön onnistumiseen vaikuttaa monia tekijöitä. Ennen kylvöä avohakkuualalle tehdään yleensä uudistusalan raivaus sekä maanmuokkaus istutuksen tavoin. Kylvö voidaan tehdä myös siemenpuuasennossa olevalle metsälle, millä pyritään varmistamaan riittävä taimettuminen. Kylvöä käytetään uudistusmenetelmänä pääasiassa vain männyllä. Männyn kylvö sopii hyvin yhteen kulotuksen kanssa, kuten on jo aikaisemmin mainittu (2.1.4 Vaikutukset taimettumiseen ja taimien kasvuun). Kuusen kylvön onnistuminen on ongelmallista, joten sen käyttö ei ole yleistä. Ongelmana ovat siementen huono itäminen sekä kuusen uudistusalojen routivuus ja pintamaan nopea rehevöityminen. (Hyppönen – Karvonen 2005, 56,74.)

Kangasmailla kylvöä suositellaan käytettäväksi kuivahkoilla ja kuivilla kankaila. Edellisillä kasvupaikoilla männyn kylvö onnistuu hyvin, koska pintakasvillisuuden kilpailu on vähäisempää verrattuna ravinteikkaampiin kasvupaikkoihin. Kylvöä voidaan käyttää myös karkeilla tuoreilla kankailla, joissa vedenläpäisevyys on hyvä. Turvekankaista männyn kylvöön soveltuvat puolukka- ja varputurvekankaat, missä pintakasvillisuus ei heti ole uhkaamassa kylvötaimia. (Nygren 2011, 28.)

Parhaiten kylvö onnistuu kangasmailla karkeaan ja keskikarkeaan maahan, joissa vallitsevana maalajina on karkea hieta tai hieno hiekka. Edellisiä karkeammat maalajit ovat herkkiä kuivumaan, jolloin kylvö tulisi tehdä aikaisin keväällä maan ollessa vielä kostea. (Nygren 2011, 31.) Turvemaalla olen-naista on turpeen riittävä kosteus, koska kuivunut turve on huono itämisalus-ta. Kosteutta ei kuitenkaan tule olla liikaa, koska muuten rouste tai tukehtu-minen voivat olla sirkkataimen vaarana. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2007, 26.)

Yleisimmin kylvö tehdään keväällä heti lumien sulettua. Maa on tällöin sopi-van kostea, jolloin siemenet itävät hyvin. Viimeistään kylvö tulisi tehdä juhan-nukseen mennessä, koska tätä myöhemmin itäneet taimet eivät välttämättä ehdi valmistautua talveen riittävän ajoissa. (Immonen ym. 2001, 13.) Kevääl-lä kylvetyistä siemenistä kehittyneet männyn sirkkataimet selviät paremmin yli ensimmäisen talven kuin kesäkylvön kautta syntyneet taimet. Taimikuol-leisuus oli erään tutkimuksen mukaan kevätkylvössä 15 prosenttia, kun ke-säkylvössä se oli 26 prosenttia. (Chantal – Leinonen – Ilvesniemi – Westman 2003, 5.)

Hyppönen ja Hallikainen ovat tutkineet vähän käytetyn syyskylvön onnistu-mista Lapissa. Tutkimus tehtiin Kittilän, Rovaniemen ja Sallan alueilla. Sen tutkimuksen perusteella syyskylvö näyttäisi onnistuvan yhtä hyvin tai jopa paremmin kuin kylvö keväällä tai alkukesästä. Syyskylvön onnistumista ver-rattiin siinä tutkimuksessa aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin Pohjois- ja Ete-lä-Suomessa. Hyppösen ja Hallikaisen tutkimuksen perusteella syyskylvöä voitaneen pitää vartenotettavana vaihtoehtona ainakin Pohjois-Suomessa. Jotta tuloksesta voidaan olla varmoja, niin asia vaatii lisätutkimuksia. (Hyp-pönen – Hallikainen 2011.)

Tärkein tekijä itävyyden lisäksi siemenissä on se, että siementen alkuperä on sopiva kyseiselle kohteelle. Siementen alkuperä jaetaan Suomessa kahteen-toista lähtöisyysalueeseen, jotka perustuvat keskimääräisiin lämpösummiin. Kylvöalueen siemenet tulisi aina valita samalta lähtöisyysalueelta, koska siemenet ovat perinnöllisesti sopeutuneet juuri sille alueelle. Oikealta läh-töisyysalueelta valitut siemenet tuottavat parhaiten onnistuneen taimikon,

missä taimien elintoiminnot ovat oikeita kyseiseen ilmastoon. (Nygren 2011, 18.)

Suosittelusten mukaan kylvökohtia tulisi saada vähintään 4 000 kpl/ha. Siemenmääränä tämä tarkoittaa noin 250–400 grammaa hehtaarille, kun kyseessä on hyvälaatuisia siemeniä. Määrä kasvaa sitä suuremmaksi mitä huonommin itäviä siemenet ovat. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2012.)

Kylvön yhteydessä tulisi käyttää maanmuokkausta, joka parantaa kylvön uudistamistulosta. Auraus, laikutus ja äestys ovat yhtä hyviä menetelmiä, kun maalaji on karkea. Vastaavasti hienommilla maalajeilla auraus on paras ja laikutus huonoin muokkauspa. Muokkausmenetelmät vaikuttavat lähinnä taimien alkukehitykseen, mutta vaikutukset siementen itämiseen ovat pienet. Kylvövaiheessa siemenet tulisi saada hyvin itävään kohtaan muokkausjäljessä, mikä vaihtelee maaperän ominaisuuksien ja sääolojen mukaan. Pääsääntönä voidaan pitää, että siemeniä ei kannata kylvää alaviin, vettä keräviin ja routiviin kohtiin. Korkeilla alueilla kylvön tulos heikkenee, koska ne altistuvat helpommin männyntalvihomeelle. (Hyppönen – Karvonen 2005, 79–80.)

Kylvön onnistumiseen vaikuttavat luonnollisesti myös erilaiset tuhot, jotka voidaan jakaa fysikaalisiin ja biologisiin. Fysikaalisia tuhoja ovat esimerkiksi kuivuus ja rouste, joiden torjuntaa on jo käsitelty edellä tässä luvussa. Fysikaalisiin tuhoihin luetaan myös pintaeroosio, joka syntyy rankkasateiden seurauksena. Tätä tuhoa voidaan estää paljastamalla kivennäismaanpinta siten, että siihen jää vähän myös humusta mukaan. Humuksen sisältämä orgaaninen aines vähentää eroosioriskiä, jolloin taimet selviävät paremmin rankkasateista. Biologisia tuhoja aiheuttavat linnut, pikkunisäkkäät ja hyönteiset, jotka syövät kylvettyjä siemeniä. Näitä tuhoja voidaan estää peittämällä siemenet. Hyönteistuvoista merkittävin on tukkimiehentäi, jonka torjuntaa on jo käsitelty aikaisemmin tässä työssä (2.2.1 Tavoitteet ja vaikutukset). Tämän lisäksi kylvön onnistumista uhkaavat monet sienitaudit, kuten talvihome, karisteet sekä männyn versoruoste. (Nygren 2011, 60, 64–66.)

Kylvö tehdään nykyään useimmiten koneellisesti maanmuokkauksen yhteydessä. Vuonna 2010 kaikista kylvöaloista 73 prosenttia kylvettiin koneellisesti. (Metsäntutkimuslaitos 2011, 132.) Konekylvö tapahtuu niin sanottuna suunnattuna hajakylvönä eli siemenet kylvetään muokattuun maahan. Koneellisen kylvön etuna on se, että siemenet pääsevät heti kuohkeaan maahan, jossa on sopivat lämpö- ja kosteusolot. Tällä on positiivinen vaikutus siementen itävyyteen, mikä näin parantaa uudistamistulosta. Muita konekylvön hyviä puolia ovat siementen tasainen leviäminen, pintakasvillisuuden kilpailun väheneminen ja alhaisemmat kylvökustannukset. (Hyppönen – Karvonen 2005, 76–77.)

Suunnattu hajakylvö voidaan tehdä myös käsin, mitä käytettiin paljon ennen konekylvön yleistymistä. Käsin tehtävä kylvö tehdään joko siemenpussista käsin ripottelemalla tai niin sanotulla pullotekniikalla. Etuna konekylvöön verrattuna on se, että kylvökohta voidaan valita tarkasti. Esimerkiksi epätasaisissa ja kivikkoisissa maastoissa voi konekylvön olla vaikeaa saada siemenet paljastettuun kivennäismaahan. (Hyppönen – Karvonen, 76, 78.) Konekylvön ja käsinkylvön onnistumista on vertailtu useissa tutkimuksissa, mutta niistä saadut tulokset ovat ristiriitaisia (Rummukainen – Tervo – Kautto – Pulkkinen, 2011, 14).

Vuonna 2010 käsintehdyn kylvön osuus oli 27 prosenttia. Sitä käyttävät erityisesti yksityiset metsänomistajat. Vastaavasti Metsähallituksessa ja metsäyhtiöissä sen käyttö on vähäisempää. Vuoden 2010 Metsäntutkimuslaitosten tilastojen mukaan kylvön osuus uudistamis-pinta-aloista on koko Suomessa 19 prosenttia (Kuvio 3, s. 18). Lähes kaikki kylvöt tehtiin männyn siemenillä (99 %). Kylvön käyttö on suosituinta Pohjois-Suomessa. (Metsäntutkimuslaitos 2011, 117, 132). Pohjois-Lapissa kylvöä voitaisiin käyttää nykyistä enemmänkin, mutta siemenpula vaikeuttaa tämän toteuttamista (Hyppönen – Karvonen 2005, 74).

3 TUTKIMUSaineisto JA – MENETELMÄ

3.1 KOEMETSÄ JA KOEJÄRJESTELYT

Koemetsä sijaitsee Sodankylän kunnan eteläosassa Vuorsoseljässä (Kuvio 4). Lähimmälle kylälle Vuojärveen on matkaa noin kymmenen kilometriä ja kuntakeskukseen Sodankylään 60 kilometriä. Metsäntutkimuslaitoksen koemetsä on perustettu vuosina 1989–1990 Metsähallituksen maalle. Edeltävän puuston hakkuu suoritettiin talvella 1989, minkä jälkeen samana kesänä alue kulotettiin sekä tehtiin suunnitellut maanmuokkaukset. Kokeen muokkausmenetelmiä ovat: äestys, auraus, mätästys sekä muokkaamaton maa. Koealueen viljelyt tehtiin kesällä 1990. Istutettujen taimien tiheys oli 2 500 kpl/ha ja ne olivat yksivuotisia pottitaimia. Kylvössä tiheys puolestaan oli 5 000 kpl/ha. (Hyppönen–Levula–Välikangas 2004.)



Kuvio 4. Koealueen sijainti (soveltaen Maanmittauslaitos 2012)

Ennen kokeen perustamista alueella kasvoi luonnontilaista 100–200-vuotiasta kuusivaltaista sekametsää. Alueen keskimääräinen runkotilavuus oli 70 kuutiota hehtaarilla, josta kuusta 75 prosenttia, koivua 20 prosenttia ja loput viisi prosenttia mäntyä. Alue sijaitsee noin 220 metriä merenpinnan yläpuolella. Vallitsevana metsätyypinä koealueella on kerrossammal-mustikkatyyppi (HMT). Maalajina kokeella on hiekkamoreeni ja maannostyyppinä on humuspodsoli. (Hyppönen – Levula – Välikangas 2004.)

Kerrossammal-mustikkatyyppi kuuluu Peräpohjolan kasvillisuusvyöhykkeeseen ja siellä tuoreiden kankaiden luokkaan. Tyypin pääpuulajina on yleensä vanhoissa metsissä pilarimainen siperiankuusi. Palaneilla alueilla koivua voi myös olla runsaasti. Nuoremmissa metsissä vastaavasti mänty tai koivut voivat olla vallitsevia. Kenttäkerroksen valtalajina on mustikka, mutta myös puolukkaa ja variksenmarjaa voi olla runsaasti. Pohjakerroksessa valtalajeina puolestaan ovat tyypin nimen mukaisesti kerrossammal sekä seinäsammal. Muita tyypille ominaisia kasveja ovat: Vanamo, riidenlieko, kangasmaitikka, kultapiisku ja kevätpiippo. (Hotanen – Nousiainen – Mäkipää – Reinikainen – Tonteri 2008, 129.)

Hiekkamoreeni on lajittumaton kivennäismaalaji, missä on vähintään puolet 0,2 millimetrin läpimittaista rietta. Tämän lisäksi se ei saa sisältää yli viittä prosenttia savea. (Suomen Kansallinen Geologinen Komitea 2012.) Suomen kivennäismaista kolme neljäsosaa on moreenia ja näistä 75 prosenttia on hiekkamoreenia. Kokonaisuudessaan hiekkamoreenin osuus nousee siis yli 50 prosenttiin, kun mukana on niin lajittumattomat kuin lajittuneetkin maalajit. Hiekkamoreeni on siis Suomen yleisin kivennäismaalaji. (Ilvesniemi 2008, 129.)

Podsoli on Suomen ylivoimaisesti yleisin maannostyyppi. Suomen havumetsien kasvillisuus, humidinen ilmasto ja kallioperän mineraalikoostumus muodostavat otollisen lähtökohdan podsolin muodostumiselle. Muita maannostyyppiejä esiintyy Suomessa vain satunnaisesti. Podsoli on jaettu erilaisiin alatyyppeihin, joihin myös humuspodsoli kuuluu. Humuspodsolia muodostuu erityisesti kosteisiin maihin. Humuspodsolin tuntomerkinä on tummanruskea rikastumiskerros. (Mälikönen – Tamminen 2003, 136, 139.)

Sodankylän kulotus- ja muokkauskoe on tyypillinen ruutukoe. Ruutujen koko on 40 metriä X 40 metriä (0,16 hehtaaria) ja koealueella ruutuja on yhteensä 64 kappaletta. Ennen kokeen perustamista oli suunniteltu, että alueella verrataan männyn istutusta neljällä eri loholla. Puolet lohkoista olisi kulottamattomia ja puolet kulotettuja. Kokeen perustamisvaiheessa kulotus kuitenkin pääsi leviämään myös toiselle kulottamattomaksi suunnitellulle lohkolle, joten suunnitelmia jouduttiin muuttamaan. Kokeeseen jäi siis jäljelle kolme kulotettua lohkoa ja yksi kulottamaton. Lopulta koealue perustettiin siten, että alueella sijaisi kulottamaton + istutettu lohko, kulotettu + istutettu lohko kahteen kertaan sekä kulotettu + kylvetty lohko (Liite 4).

Opinnäytetyöhöni otettiin käyttöön 48 ensimmäistä ruutua, koska tällä tavoin jokaiselle uudistamisketjulle saatiin yhtä monta mitattavaa koealaa. Jokainen uudistamisketju toistuu neljällä eri ruudulla, ja näin jokaisesta ketjusta saadaan 20 ympyräkoelaa. Tähän valintaan päädyimme yhdessä työn ohjaajien Ville Hallikaisen, Mikko Hyppösen ja Pekka Välikankaan kanssa.

Vuorsoseljän koejärjestely ei täysin vastaa tilastolliselle kokeelle asetettuja vaatimuksia, joten sitä voidaan pitää lähinnä eräänlaisena havaintokokeena. Havaintokokeita voidaan käyttää esimerkiksi opetuskäyttöön, kuten tätäkin koetta on käytetty Metsäntutkimuslaitoksen sisällä muun muassa metsäammattilaisten retkeilykohteena.

Metla käyttää tilastollisissa kokeissa usein koejärjestelynä split-plot-menetelmää, joka täyttää tilastollisen kokeen vaatimukset. Kuten seuraavalla sivulla olevasta taulukosta huomataan (Taulukko 2), niin optimaalisessa tilanteessa jokainen ruutu on satunnaisesti muokattu eri tavalla. Kun esimerkiksi verrataan Vuorsoseljän koejärjestelyyn (Liite 4), niin huomataan, että siellä yksi rivi on muokattu aina samalla menetelmällä, minkä lisäksi muokkausjärjestys pysyy samana jokaisella loholla. Vuorsoseljän kokeestakin olisi siis saanut split-plotin, jos jokainen ruutu olisi muokattu satunnaisesti eri menetelmällä. Käytännössä jokaisen ruudun erikseen muokkaaminen on hankala toteuttaa, koska yksittäiset ruudut ovat pieniä ja isoilla muokkauskoneilla ne vaativat tarkkaa työtä.

Taulukko 2. Esimerkki split-plot-koejärjestelystä

| | | | | |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <i>Kulotettu + istutus</i> | Mätästys | Auraus | Äestys | Muokkaamaton |
| <i>Kulottamaton + istutus</i> | Muokkaamaton | Mätästys | Auraus | Äestys |
| <i>Kulottamaton + istutus</i> | Äestys | Auraus | Muokkaamaton | Mätästys |
| <i>Kulotettu + kylvö</i> | Mätästys | Muokkaamaton | Äestys | Auraus |
| <i>Kulotettu + istutus</i> | Auraus | Mätästys | Muokkaamaton | Äestys |
| <i>Kulotettu + kylvö</i> | Muokkaamaton | Äestys | Mätästys | Auraus |

Vuorsoseljän koetta ei voida pitää siis tilastollisesti täysin puhdasoppisena, koska koejärjestelyä ei ole tarpeeksi satunnaistettu. Tämän vuoksi tarkastelin kerättyä aineistoa erikseen eräänlaisen herkkyysanalyysin kautta puulaskelmien lisäksi. Herkkyysanalyysissa aineistoista otettiin satunnaisesti 75 prosentin, 50 prosentin ja 25 prosentin otokset ympyräkoealoista, joiden pohjalta tutkittiin kuinka herkästi tulokset muuttuvat eri otoksilla.

3.2 AINEISTON KERUU

Opinnäytetyön maastomittaukset suoritettiin elokuussa 2011. Olin itse mukana mittauksissa kahden päivän ajan, mutta suurimman osan aineistosta keräsi nelihenkinen Metsäntutkimuslaitoksen mittausryhmä Sallan Salmivaaran toimipisteeltä. Koealojen paikantaminen oli nopeaa, koska jokaisen ruudun kaikissa nurkissa oli valmiiksi kulmapaalut. Kulmapaalujen lisäksi jokaisen ympyräkoealan keskipiste oli merkitty pienellä muovikepillä. Jokaiselta ruudulta otettiin yhteensä viisi ympyräkoealaa: yksi keskeltä ja neljä halkaisijoiden ja keskipisteen puolivälistä. Ympyräkoealan säteenä käytettiin 3,99 metriä, mikä pinta-alana vastaa 50 neliötä. Koealalle kuuluvien taimien määrittämisessä apuna käytettiin onkivapaa. Koealoilta kerättiin seuraavat tiedot: koealan numero, muokkaustapa, viljelytapa, kulotus/ei kulotus, ympyräkoealan numero, puun numero, rinnankorkeusläpimitta, tuhon ilmiasu, tuhon syy, tuhon aste, puun pituus ja elävän latvuksen alaraja.

Jokaisesta puusta mitattiin rinnankorkeuskepin ($h=1,3$ metriä) ja mittasaksien avulla rinnankorkeusläpimitta millimetrin (mm) tarkkuudella. Kaikista puista

arvioitiin myös tuhot silmävaraisesti. Istutetuilla alueilla puiden pituus sekä elävän latvuksen alaraja mitattiin keskimäärin joka toisesta puusta. Kylvöalueilla taimien tiheys oli suurempi, joten siellä pituudet otettiin noin joka neljännestä tai joka kolmannesta puusta riippuen paljon ympyräkoealalla oli puita. Tällä pyrittiin saamaan kylvöalueilta yhtä paljon havaintoja kuin istutetuiltakin koealoilta. Pituudet mitattiin desimetrim (dm) tarkkuudella. Pituuden mittaussälineenä käytettiin Vertex-mittalaitetta, joka kalibroitiin joka päivä. Tämän opinnäytetyön aiheet rajattiin koskemaan taimimääriä, puiden pituuksia sekä rinnankorkeusläpimittoja.

3.3 AINEISTON KÄSITTELY

Maastoinventoinnissa tiedot kerättiin Metsäntutkimuslaitoksen maastolomakkeille, mistä ne syksyn 2011 aikana siirrettiin manuaalisesti Microsoft Officen Exceliin. Excelistä tiedot siirrettiin SPSS-ohjelmaan, jossa suoritettiin tilastollinen käsittely. Työssä olevat kuviot ja taulukot tehtiin joko Excelillä tai SPSS-ohjelmalla.

Tilastollinen käsittely alkoi aineiston normaalijakauman testauksella, jonka tein erikseen taimimäärille, pituuksille ja läpimitoille. Tein testauksen SPSS-ohjelman explore toiminnolla, joka testaa normaalijakautuneisuutta Kolmogorov-Smirnov - sekä Shapiro-Wilk testeillä. Testien perusteella normaalijakautuneita olivat taimien läpimitat sekä pituudet. Taimimäärät eivät puolestaan noudattaneet normaalijakaumaa. Usein tällainen kappalemääräinen jakauma noudattaa Poisson-jakaumaa tai negatiivista binomijakaumaa (Hallikainen 2012). SPSS-ohjelman avulla taimimäärien todettiin noudattavan tässä tapauksessa Poisson-jakaumaa.

Edellisten testien pohjalta tulosten analysointi toteutettiin pituuksien ja läpimittojen osalta lineaarisen mallin avulla. Vastaavasti taimimäärien analysointi tehtiin Poissonin log-lineaarista mallia käyttäen. Kaikki tässä työssä esitetyt tulokset perustuvat mallien tuottamiin ennusteisiin. Malleissa käsitellään useita muuttujia samanaikaisesti ja tarkoituksena on tiivistää kerätty aineisto mallien avulla. Selitettäväksi muuttujaksi malliin valittiin se muuttuja, mitä mallin avulla haluttiin selittää. Tässä tapauksessa selitettäviä muuttujia olivat taimimäärät, pituudet ja läpimitat. Edellä mainittuja muuttujia puolestaan haluttiin

selittää maankäsittelyn, viljelytavan ja niiden yhdistelmien kautta. Tässä työssä viljelytavalla tarkoitetaan viljelymenetelmän (istutus/kylvö) sekä kuluksen yhdistelmää (kulotettu/kulottamaton).

4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

4.1 TAIMIMÄÄRÄ

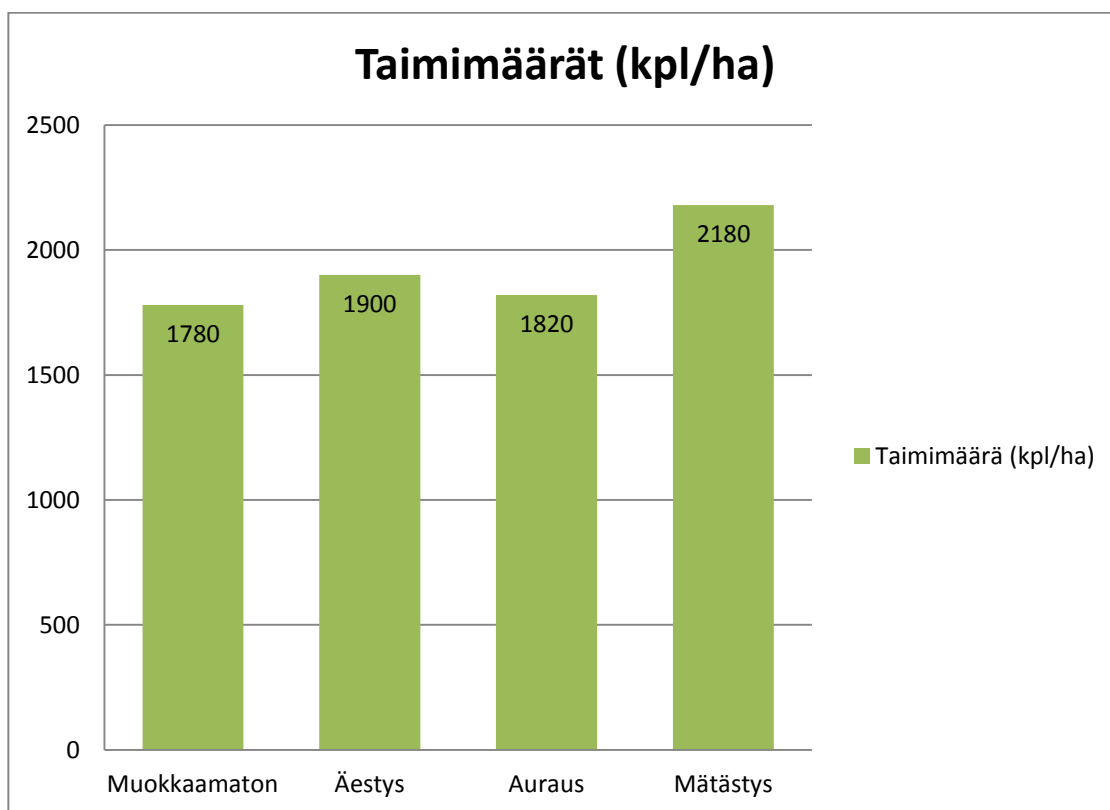
Viljelytavan ja maankäsittelyn yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä ($p=0,000$), eli eri muokkaus ja viljelytapaketjuilla oli vaikutusta taimimääriin. Viljelytapojen väliset erot olivat taimimäärissä merkitseviä ($p=0,000$). Maankäsittelymenetelmät olivat myös tilastollisesti merkitseviä ($p=0,002$).

Taulukko 3. Taimimäärien ennustetut keskiarvot ympyräkoealoilta viljelytavoittain

| Viljelytapa | Keskiarvo (kpl) | Keskiarvon keskivirhe | 95 % luottamusväli (Wald) | |
|------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------------|------|
| | | | Alin | Ylin |
| Istutus + kulottamaton | 9,3 | ,34235 | 8,6 | 9,9 |
| Istutus + kulotus | 7,4 | ,30744 | 6,8 | 8,0 |
| Kylvö + kulotus | 12,9 | ,40568 | 12,1 | 13,7 |

Kylvön ja kulotuksen yhdistelmällä saavutettiin paras tulos eli keskimäärin 12,9 tainta 50 neliön ympyräkoealalla (Taulukko 3). Hehtaarisolalle muutettuna taimia oli 2 580 kpl/ha, joten viljelytapa on onnistunut. Muistettava on vielä se, että taimikonhoito on tehty ainoastaan kylvöruuduille, joten kylvön voidaan sanoa onnistuneen erittäin hyvin. Istutetuista alueista taimia oli enemmän kulottamattomalla (1 860 kpl/ha) kuin kulotetulla (1 480 kpl/ha) alalla. Kulotus näyttäisi siis vaikuttavan negatiivisesti istutukseen. Pareittaisessa vertailussa kaikkien kolmen väliset erot olivat tilastollisesti merkitseviä.

Maanmuokkauksittain tarkasteltuna parhaiten oli onnistunut koko koealueella mätästys, jossa oli keskimäärin 10,9 tainta ympyräkoealalla (Kuvio 5, s. 29). Äestys oli toiseksi paras (9,5 kappaletta) ja auraus kolmanneksi paras (9,1 kappaletta). Vähiten taimia oli muokkaamattomilla aloilla, missä taimia oli keskimäärin 8,9 kappaletta. Pareittaisessa vertailussa mätästys erosi merkitsevästi muokkaamattomasta maasta ($p=0,004$) sekä aurauksesta ($p=0,013$). Äestykseen ja mätästyksen välinen ero ei puolestaan yltänyt edes suuntaa antavalle tasolle ($p=0,122$). Muut pareittaiset vertailut tuottivat p -arvon 1,000 eli niiden välillä erot eivät olleet merkitseviä.



Kuvio 5. Koealueen keskimääräiset taimimäärät muokkaustavoittain (istutus ja kylvö)

Kokonaisia maanmuokkaus ja viljelytapakettuja tarkasteltaessa paras tulos on syntynyt kylvön ja kulotuksen yhdistelmällä äestetyllä alueella (Taulukko 4, s. 30 ja Kuvio 6, s. 31). Toiseksi paras tulos on saavutettu muokkaamattomaan maahan myös kylvön ja kulotuksen yhdistelmällä. Nämä olivat ainoita yhdistelmiä, missä keskiarvo oli yli 3 000 kpl/ha. Huonoiten olivat onnistuneet istutus ja kulotus yhdistettynä äestykseen sekä muokkaamattomaan maahan. Molemmissa yhdistelmissä päästiin kuitenkin yli metsänviljelyn lakirajan, joka on Lapissa 1 100 kpl/ha. Mätästys oli paras menetelmä istutusaloilla, niin kulottamattomalla kuin kulotetullakin alalla.

Ketjujen pareittaisessa vertailussa kylvön, kulotuksen ja äestysten yhdistelmä erosi merkittävästi kaikista muista ketjuista paitsi toiseksi eniten taimia tuottaneesta ketjusta eli kylvön, kulotuksen ja muokkaamattomaan maan yhdistelmästä. Heikoin ketju eli istutuksen, kulotuksen ja äestysten yhdistelmä puolestaan erosi merkittävästi kaikista niistä ketjuista, missä taimimäärä oli suurempi kuin 1 710 kpl/ha (Taulukko 4).

Taulukko 4. Taimimäärien ennustetut keskiarvot eri ketjuissa

| Maankäsittely | Viljelytapa | Keskiarvo kpl/ha |
|---------------|------------------------|---------------------|
| Muokkaamaton | Istutus + kulottamaton | 1 480 |
| | Istutus + kulotus | 1 270 |
| | Kylvö + kulotus | 3 040 |
| Äestys | Istutus + kulottamaton | 1 710 |
| | Istutus + kulotus | 1 250 |
| | Kylvö + kulotus | 3 250 |
| Auratus | Istutus + kulottamaton | 2 030 |
| | Istutus + kulotus | 1 510 |
| | Kylvö + kulotus | 1 990 |
| Mätästys | Istutus + kulottamaton | 2 280 |
| | Istutus + kulotus | 2 030 |
| | Kylvö + kulotus | 2 250 |

Kaikilla muokkaustavoilla heikoimmat tulokset saatiin istutuksen ja kulotuksen yhdistelmällä (Taulukko 4). Vastaavasti kylvön ja kulotuksen yhdistelmä oli paras menetelmä kaikissa muissa maanmuokkauksissa paitsi aurauksessa ja mätästyksessä. Tulokset ovat samansuuntaisia mitä Eljas Pohtila on saanut 1970-luvulla Sallassa olevalta kulotus- ja muokkauskokeelta. Sallan kokeessa kulotuksella oli positiivinen vaikutus kylvön onnistumiseen, mutta istutukseen puolestaan negatiivinen, kuten tässä Vuorsoseljän koealueessakin. (Pohtila – Pohjola 1985, 246.)

1980-luvulla Pohtila sekä Pohjola olivat tutkineet kulotusta laajemmin kahdelatoista eri muokkaus- ja kulotuskokeella. Koealueet sijaitsivat tässä tutkimuksessa ympäri Lappia siten, että eteläisin koe oli Ranualla ja pohjoisin Kittilässä. Pohtilan ja Pohjolan tutkimuksessa kulotus vaikutti negatiivisesti istutuksen onnistumiseen. Kylvö oli puolestaan onnistunut heidän kokeissaan paremmin kulotetun ja muokkaamattomaan maan yhdistelmään kuin auraukseen, laikutukseen ja äestykseen. (Pohtila – Pohjola 1985, 245–246, 252.)

Opinnäytetyöni tulokset ovat samansuuntaisia mitä Pohtila ja Pohjolakin olivat saaneet. Kuten Pohtilan ja Pohjolankin kokeessa oli huomattu, niin kulo-

tus yhdistettynä kylvöön näyttäisi tuottavan hyvän taimikon ilman maanmuokkausta. Omassa työssänikin sillä saavutettiin toiseksi paras ketju heti äestyksen jälkeen. Istutuksen ja muokkaamattoman maan yhdistelmässä tulokset olivat puolestaan huonoimmasta päästä, niin kulotetussa kuin kulottamattomassakin maassa. Vuorsoseljän kokeessa kylvö näyttäisi onnistuvan huonommin voimakkaammissa maanmuokkauksissa, johon syynä lienee auraspalteiden ja mättäiden herkempi kuivuminen. Voimakkaimmissa muokkauksissa siemenet tulisikin saada kostempaan kohtaan, koska korkeimmat kohdat palteista ja mättäistä kuivuvat herkemmin. Auraus ja mätästys onnistuivat kylvöalueilla kuitenkin hyvin, vaikka keskiarvot jäivät reilusti äestyksen ja muokkaamattomaan maan taakse.



Kuvio 6. Kulotuksen, äestyksen ja kylvön ketju

Istutustaimien vähäisempi määrä kulotetuilla kuin kulottamattomilla selittyy taimien kuivumisella sekä tuholaisilla (Pohtila – Pohjola 1985, 259). Kuten kappaleessa 2.1.4 *Vaikutukset taimettumiseen ja taimien kasvuun* on todettu, niin kulotetussa maassa on useita asteita korkeampi lämpötila kuin kulottamattomassa, jolloin kulotusalueen taimet ovat vaarassa kuivua (Lemberg – Puttonen 2002, 90–91). Lisäksi kulotusalueen vähäisempää taimimäärää selittänevät erilaiset tuholaiset, mitä kulotus houkuttelee alueelle. Kokeen perustamisen jälkeen istutetuilla kulotusalueilla oli havaittu tukkikärsäkäs tuhoja, mitkä lienevät vähentäneen tämän vuoksi hieman taimimäärää. (Metsäntutkimuslaitos 2012.) Kylvöalueille tuho-ongelmia puolestaan ei näyttäisi mielestäni aiheutuvan, mihin osittain vaikuttanee suurempi kylvötiheys, jolloin särkymävaraa on enemmän.

4.2 TAIMIEN PITUUS

Viljelytavan ja maankäsittelyn yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä ($p=0,000$). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että eri maanmuokkausten ja viljelytapojen muodostamat ketjut vaikuttivat taimien pituuteen. Myös viljelytavat ja maankäsittelyt olivat erikseen tilastollisesti merkitseviä. P-arvo oli molemmissa sama kuin yhdysvaikutuksessa eli 0,000.

Viljelytavoittain tarkasteltuna pisimmät taimet saatiin kulotuksen ja istutuksen yhdistelmällä (Taulukko 5). Toiseksi pisimmät taimet olivat syntyneet kulotuksen ja kylvön kautta. Kulotetulla alueella istutetut taimet olivat keskimäärin 6,1 desimetriä (dm) pidemmät kuin kylvetyt taimet. Heikoin tulos saavutettiin istutuksen ja kulottamattoman maan kautta, mikä jäi vastaavasta kulotetusta alueesta jälkeen 6,7 dm. Kulotus näyttäisi siis vaikuttavan positiivisesti taimien pituuteen. Pareittaisessa vertailussa istutus ja kulotus erosi merkittävästi kahdesta muusta viljelytavasta.

Taulukko 5. Taimien keskipituus desimetreinä viljelytavoittain

| Viljelytapa | Keskiarvo (dm) | Keskiarvon keskivirhe | 95 % luottamusväli (Wald) | |
|------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|------|
| | | | Alin | Ylin |
| Istutus + kulottamaton | 58,1 | ,64138 | 56,8 | 59,3 |
| Istutus + kulotus | 64,8 | ,64558 | 63,5 | 66,1 |
| Kylvö + kulotus | 58,7 | ,64138 | 57,4 | 59,9 |

Maankäsittelymenetelmin tarkasteltuna pisimmät taimet saatiin auraamalla (Taulukko 6). Mätästys oli toiseksi paras menetelmä, mikä jäi aurauksen taakse 3,3 dm. Äestys tuotti kolmanneksi parhaan tuloksen, mutta keskiarvo jäi yli seitsemän dm aurauksen jälkeen. Huonoiten taimet olivat kasvaneet pituutta muokkaamattomalla maalla, missä ero auraukseen oli jo lähes metrin (9,4 dm). Pareittaisessa vertailussa kaikkien muiden muokkaustapojen väliset erot olivat tilastollisesti merkitseviä paitsi äestyksen ja muokkaamattoman maan ($p=0,210$).

Taulukko 6. Taimien keskipituus desimetreinä muokkaustavoittain (istutus ja kylvö)

| Maankäsittely | Keskiarvo (dm) | Keskiarvon keskivirhe | 95 % luottamusväli (Wald) | |
|---------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|------|
| | | | Alin | Ylin |
| Muokkaamaton | 56,1 | ,74707 | 54,7 | 57,6 |
| Äestys | 58,3 | ,74060 | 56,9 | 59,8 |
| Auraus | 65,5 | ,74060 | 63,9 | 66,8 |
| Mätästys | 62,2 | ,74060 | 60,8 | 63,7 |

Kaikkien maankäsittelymenetelmien osalta pisimmät taimet oli saatu istutuksen ja kulotuksen yhdistelmällä (Taulukko 7, s. 34). Ketjuittain tarkasteltuna paras keskiarvo oli saatu istutuksen ja kulotuksen yhdistelmällä auratulla alueella. Toiseksi paras ketju oli myös auratulla alueella, mutta siinä istutus oli tehty kulottamattomaan maahan. Kaksi huonoiten kasvanutta ketjua olivat tulleet muokkaamattomaan maahan. Parhaimman ketjun ero huonoimpaan ketjuun oli 17,7 dm.

Ketjuja pareittain vertailtaessa suurimmat taimet tuottanut istutuksen, kulotuksen ja aurauksen ketju erosi merkittävästi niistä kaikista ketjuista, missä pituuksien keskiarvo oli alle 61,1 dm. Vastaavasti lyhimmat taimet tuottanut ketju erosi merkittävästi kaikista muista ketjuista paitsi kylvön, kulotuksen ja muokkaamattoman maan yhdistelmästä.

Taulukko 7. Taimien keskipituus (dm) ketjuittain

| viljelytapa | Maankäsittely | Keskiarvo (dm) | 95 % luottamusväli (Wald) | |
|------------------------|---------------|----------------|---------------------------|------|
| | | | Alin | Ylin |
| Istutus + kulottamaton | Muokkaamaton | 49,6 | 47,1 | 52,1 |
| | Äestys | 55,9 | 53,4 | 58,4 |
| | Auraus | 66,0 | 63,5 | 68,5 |
| | Mätästys | 60,7 | 58,2 | 63,2 |
| Istutus + kulotus | Muokkaamaton | 65,0 | 62,4 | 67,6 |
| | Äestys | 62,0 | 59,5 | 64,5 |
| | Auraus | 67,3 | 64,7 | 69,8 |
| | Mätästys | 64,9 | 62,4 | 67,5 |
| Kylvö + kulotus | Muokkaamaton | 53,8 | 51,3 | 56,3 |
| | Äestys | 57,1 | 54,6 | 59,6 |
| | Auraus | 62,8 | 60,3 | 65,3 |
| | Mätästys | 61,0 | 58,4 | 63,5 |

Kulotus näyttäisi tulosten mukaan lisäävän taimien pituuskasvua kaikilla maankäsittelymenetelmillä istutusaloilla. Istutusalat kasvavat yleensä kylvöaloja nopeammin, mutta kulotuksen avulla kylvön kasvua voidaan nopeuttaa. Muokkaamattomalla, mätästetyllä ja äestetyllä kylvöalueilla pituuden keskiarvo olivat jo suurempia, kuin vastaavilla kulottamattomilla istutusaloilla. Vertailua olisi parantanut, jos koealueella olisi ollut myös kylvön ja kulottamattomaan maan ketju. Tällöin olisi pystytty vertaamaan, kuinka suuri positiivinen vaikutus kulotuksella olisi ollut kylvöön.

Verrattaessa tämän tutkimuksen tuloksia muihin tutkimuksiin huomataan tulosten olevan samansuuntaisia. Kuten tässäkin tutkimuksessa oli Pohtilan ja Pohjolan tutkimuksessa havaittu kulotuksen nopeuttavan taimien pituuskehitystä (Pohtila – Pohjola 1985, 260). Samaan tulokseen oli myös päädytty Pohjois-Karjalassa, jossa Levula oli tutkinut männyn taimien kehitystä laikuteulla kulotusalueella (Levula 1988, 26). Lisäksi Pohtilan ja Pohjolan tutkimuksessa oli auraus tuottanut pisimmät taimet kuten tässäkin tutkimuksessa (Pohtila – Pohjola 1985, 254). Eräässä Kokkolan seudulla tehdyssä kokeessa oli kulotuksen todettu vaikuttavan positiivisesti taimien pituuskasvuun. Kokkolan kokeessa kulotus oli parantanut istutettujen männyn taimien pituuskasvua kaksi metriä, kun omassa tutkimuksessani vastaava vaikutus oli noin 0,7 metriä. (Takanen 2010, 29.)

Kulotusalueiden parempi pituuskasvu johtunee humuksen ohentumisesta, ravinteiden vapautumisesta sekä happamuuden vähenemisestä. Edellisten seurauksena maan lämpötila- sekä ravinneolosuhteet paranevat, mistä seuraa kasvun paraneminen. Kulotuksen vaikutuksia kasvuun on käsitelty tarkemmin jo aiemmin tässä työssä (2.1.4 Vaikutukset taimettumiseen ja taimien kasvuun).

4.3 TAIMIEN KESKILÄPIMITTA

Viljelytapojen välisillä eroilla oli merkitystä taimien keskiläpimittoihin ($p=0,000$). Maankäsittelymenetelmät olivat tilastollisesti merkitseviä, koska p -arvo oli 0,000. Maankäsittelyjen ja viljelytapojen muodostamat ketjut olivat myös erittäin merkitseviä ($p=0,000$).

Istutus yhdistettynä kulotukseen oli tuottanut pisimpien puiden lisäksi myös paksuimmat puut (Taulukko 8). Vastaavasti istutus yhdistettynä kulottamattomaan maahan oli tuottanut toiseksi paksuimmat taimet. Kulottamattomassa maassa istutetut männyt olivat kuitenkin keskiarvoltaan lähes 2 senttimetriä (18,3 mm) ohuempia kuin kulotetussa maassa. Kylvöalueilla taimet olivat ohuimpia, johon lienee syynä tiheet taimituppaat kasvatuksen alkuvaiheessa. Viljelytapojen pareittaisessa vertailussa kaikkien menetelmien väliset erot olivat merkitseviä.

Taulukko 8. Taimien keskiläpimitat millimetreinä viljelytavoittain

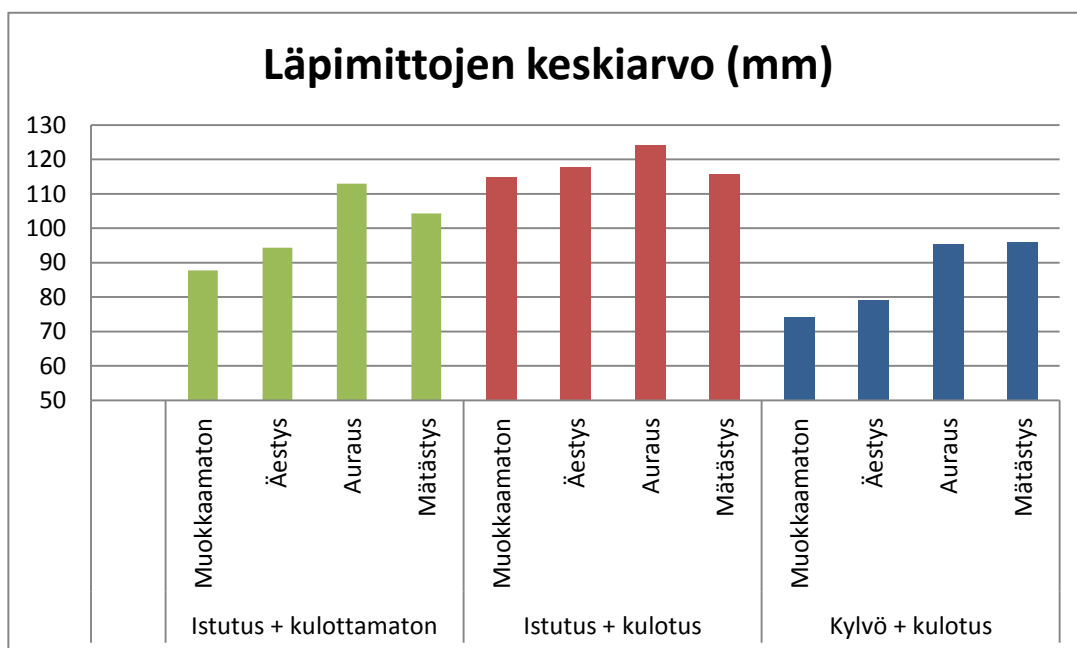
| viljelytapa | Keskiarvo (mm) | Keskiarvon keskivirhe | 95 % luottamusväli (Wald) | |
|------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|-------|
| | | | Alin | Ylin |
| Istutus + kulottamaton | 99,8 | 1,27326 | 97,3 | 102,3 |
| Istutus + kulotus | 118,1 | 1,28161 | 115,6 | 120,6 |
| Kylvö + kulotus | 86,1 | 1,27326 | 83,6 | 88,6 |

Maankäsittelyittäin tarkasteltuna paremmuusjärjestys pysyi läpimittojen osalta samana kuin pituuksissakin. Aurausalueiden keskiarvo oli suurin (111 mm), kun tulokset laskettiin sekä istutus- että kylvöalueilta. Mätästys takasi toiseksi paksuimmat taimet (105 mm). Äestysten keskiarvo oli 97 mm ja muokkaamaton maa oli huonoin 92 mm keskiarvolla. Verrattaessa maankäsittelymenetelmiä pareittain tulokset olivat pääosin merkitseviä. Ainoastaan

äestyksen ja muokkaamattoman välinen vertailu poikkesi muista. Siinä p-arvo oli 0,133, joten niiden väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Ketjuittain tarkasteltuna istutus yhdistettynä kulotukseen oli tuottanut neljä parasta ketjua (Kuvio 7). Aurauksen, kulotuksen ja istutuksen yhdistelmä tuotti paksuimmat puut ja oli ainoa menetelmä, jossa keskiarvo oli yli 12 cm (kuvio 8, s. 37). Toiseksi parhaiten menestyi äestys (118 mm) ja kolmanneksi paras oli mätästys (116 mm). Huonoiten puut olivat kasvaneet muokkaamattomassa maassa kylvön ja kulotuksen myötä. Heikoin yhdistelmä jäi keskiarvoltaan tasan viisi senttiä jälkeen paksuimmat puut tuottaneesta ketjusta. Toiseksi ohuimmat puut olivat myös kylvö ja kulotusalueella, joka oli muokattu äestämällä. Verrattaessa tuloksia taimimääriin (Taulukko 4, s. 30) huomataan, että taimimääriltään runsaimmissa ketjuissa oli ohuimmat puut. Kylvötuppaat näyttäisivät siis vaikuttavan negatiivisesti puiden paksuuskasvuun.

Pareittaisessa vertailussa aurauksen, kulotuksen ja istutuksen yhdistelmä erosi merkittävästi seitsemästä heikoimmasta ketjusta. P-arvo oli kaikissa pareissa 0,000. Vastaavasti ohuimmat taimet tuottanut kylvön, kulotuksen ja muokkaamattoman maan ketju erosi merkitsevästi kaikista muista ketjuista paitsi toiseksi ohuimmat taimet tuottaneesta kylvön, kulotuksen ja äestyksen ketjusta.



Kuvio 7. Läpimittojen keskiarvot (mm) ketjuittain

Kulotus näyttäisi tämän tutkimuksen mukaan lisäävän puiden paksuuskasvua jonkin verran istutusaloilla. Toisaalta kulotetuilla alueilla taimimäärä oli pienempi, jolloin puilla on enemmän kasvutilaa. Lapin vastaavilla kulotuskokeilla ei ole tarkasteltu kulotuksen vaikutusta läpimittoihin, mutta esimerkiksi Takanen on huomannut vastaavaa läpimittojen kasvua istutusaloilla omassa tutkimuksessaan Kokkolan seudulla vuonna 2010. Kulotetulla alalla männyn taimet olivat olleet Takasen tutkimuksen mukaan 1,5–3,0 senttiä paksummat kuin kulottamattomalla alueella. (Takanen 2010, 22.) Omassa työssäni taimet olivat keskimäärin 1,8 senttiä paksummat kulotetulla kuin kulottamattomalla alalla. Toisaalta Kokkolan seudun kokeet perustuvat erilaiselle kasvupaikalle, jonka lisäksi ilmasto on aivan erilainen verrattuna tähän Sodankylän kokeeseen. Läpimitan kasvun paranemiseen lienee syynä samat kuin pituuskasvunkin, eli paremmat lämpö- ja ravinneolot.



Kuvio 8. Kulotuksen, auruksen ja istutuksen ketju

4.4 AINEISTON HERKKYYSANALYYSI

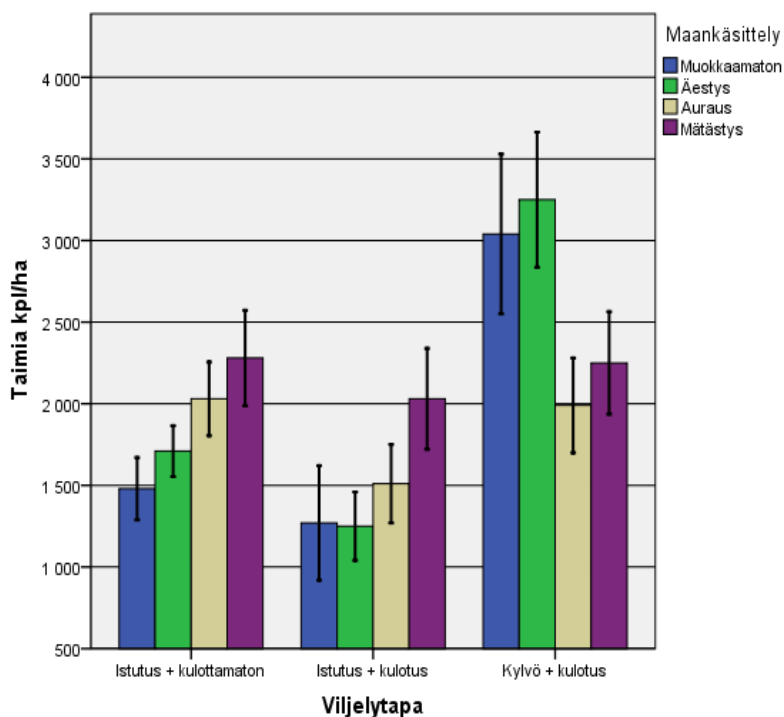
4.4.1 Taimimäärät

Viljelytapojen p-arvot pysyvät merkitsevinä kaikilla otoksilla (taulukko 9). Taimimäärien keskiarvojen osalta paremmuusjärjestys pysyy viljelytavoissa muuttumattomana kaikissa otoksissa. Eniten taimia on kylvön ja kulotuksen yhdistelmässä ja vähiten puolestaan istutuksen ja kulotuksen yhdistelmässä kaikilla otoksilla.

Taulukko 9. Käsittelyjen p-arvot taimimäärissä eri satunnaisotannoilla

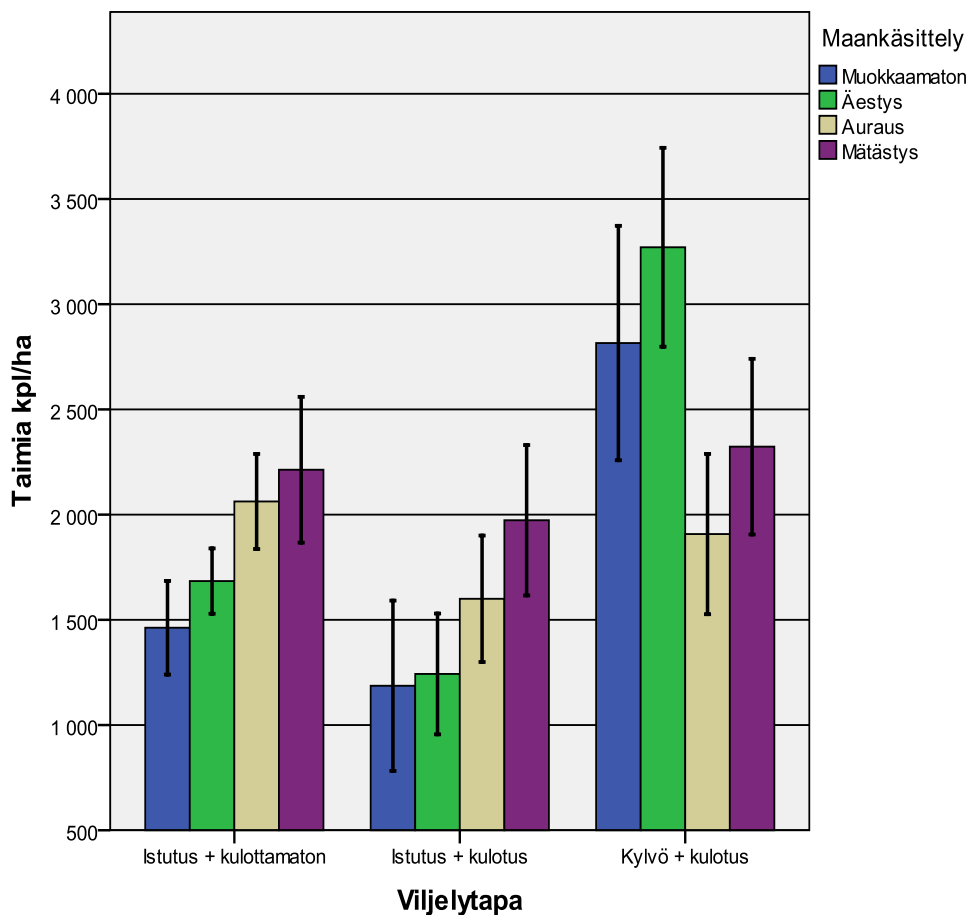
| | 100 % | 75 % | 50 % | 25 % |
|-----------------------------|-------|------|------|------|
| Viljelytapa | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 |
| Maankäsittely | ,002 | ,005 | ,032 | ,305 |
| Viljelytapa * maankäsittely | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 |

Maankäsittelyn osalta tulokset pysyvät merkitsevinä aina 50 prosentin otoskokoon asti. Maankäsittelymenetelmien paremmuusjärjestys pysyy samana 50 prosentin otoskokoon asti, mutta 25 prosentin otoksessa muokkaamaton maa nousee aurauksen ohi.



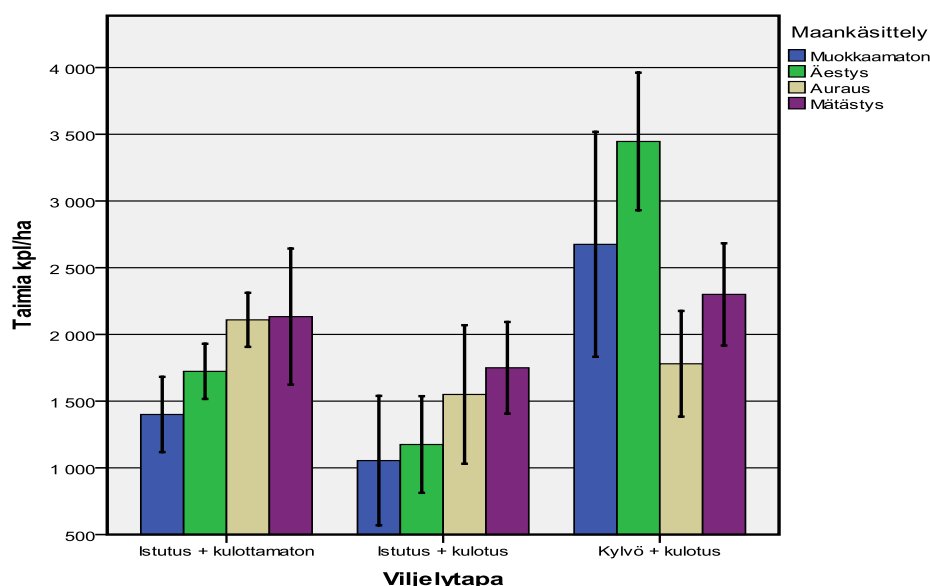
Kuvio 9. Taimimäärien keskiarvot ja 95 prosentin luottamusväli ketjuittain koko aineistolla

Viljelytavan ja maankäsittelyn yhdysvaikutus pysyy merkitsevänä kaikilla otoksilla (Taulukko 9). Tulos ei kuitenkaan tarkoita sitä, että ketjujen paremmuusjärjestys pysyisi samana verrattaessa eri otoksia. Verrattaessa 75 prosentin otoskoon tuloksia (Kuvio 10) koko aineiston tuloksiin edellisellä sivulla (Kuvio 9), niin voidaan huomata, että ketjujen keskiarvot eivät hirveästi muutu. Ainoastaan muutaman ketjun välinen paremmuusjärjestys vaihtaa paikkaa, mutta nekin olivat koko aineiston tuloksissa erittäin lähekkäin.



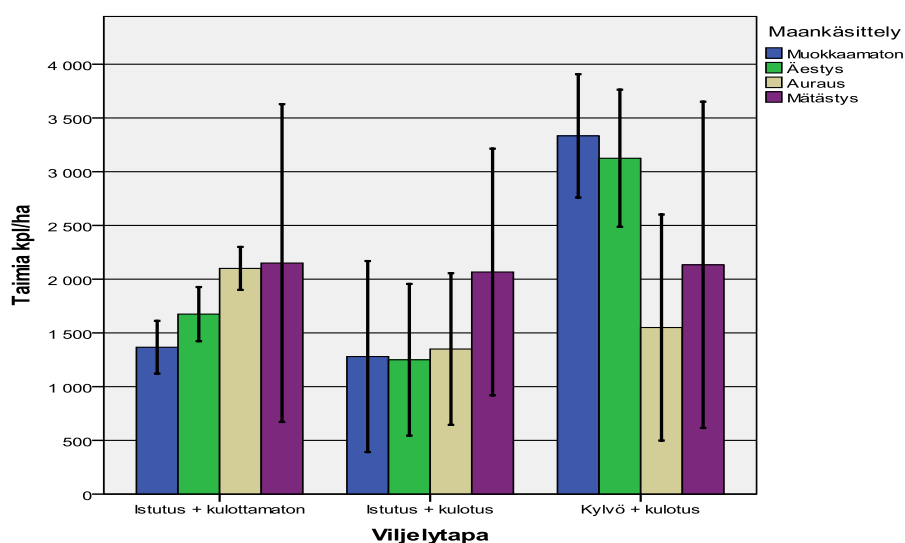
Kuvio 10. Taimimäärien keskiarvot ja 95 prosentin luottamusväli (75 % otanta)

Koko aineistoa verrattaessa 50 prosentin otannan tuloksiin huomataan, että keskiarvoissa alkaa näkyä jo pieniä poikkeamia (Kuvio 11, s. 40). Lisäksi luottamusväli näyttäisi suurentuvan, mitä pienempi otos aineistoista otetaan. Ketjujen paremmuusjärjestys muuttuu myös hieman lisää verrattuna 75 prosentin otoskokoon.



Kuvio 11. Taimimäärien keskiarvot ja 95 prosentin luottamusväli (50 % otanta)

Pienin eli 25 prosentin otos muuttaa keskiarvoja, luottamusvälejä ja ketjujen paremmuusjärjestyksiä melko paljon (Kuvio 12). Tulos on mielestäni erittäin odotettu, koska otoksessa on käytössä ympyräkoealoja erittäin vähän.



Kuvio 12. Taimimäärien keskiarvot ja 95 prosentin luottamusväli (25 % otanta)

Kaiken kaikkiaan aineisto ei ole taimimäärien osalta mielestäni kovinkaan herkkä muutoksille, jos ulkopuolelle jätetään 25 prosentin otos. Aineisto on mielestäni melko stabiili varsinkin, kun tarkastellaan viljelytapojen ja maankäsittelyjen keskiarvoja, mitkä pysyivät suhteellisen tasaisina kaikilla otoksilla. Ketjuittain tarkasteltuna muutoksia toki tulee eri otoksilla, mutta yhden ket-

jun muutos on korkeintaan +/- yhden sijan koko aineiston paremmuusjärjestykseen verrattaessa. Tällä ei mielestäni ole kovinkaan suurta merkitystä, koska muutama ketju oli koko aineiston perusteella keskiarvoltaan todella lähekkäin.

4.4.2 Pituudet

Pituuksien p-arvot olivat erittäin merkitseviä ($p = 0,000$) viljelytapojen sekä maankäsittelyjen osalta kaikilla otannoilla. Viljelytavan ja maankäsittelyn yhdysvaikutuksen tulokset olivat merkitseviä 100 prosentin ja 75 prosentin osalta. Suuntaa antavalla tasolla ($p = 0,93$) tulokset olivat 50 prosentin otannalla ja 25 prosentin osalta tulokset eivät olleet enää tilastollisesti merkitseviä ($p = 0,202$).

Viljelytavoittain tarkasteltuna pituuksien keskiarvot pysyvät lähes samana aina 50 prosentin otantaan asti. Viimeisessä 25 prosentin otannassa yksittäisten puiden pituudet alkavat vaikuttamaan jo paljon, mikä näkyy myös vaihtuneena järjestyksenä (Taulukko 10).

Taulukko 10. Pituuksien keskiarvot (dm) viljelytavoittain ja eri otannoilla

| Viljelytapa | 100 % | 75 % | 50 % | 25 % |
|------------------------|-------|------|------|------|
| Istutus + kulottamaton | 58,1 | 57,8 | 58,0 | 59,4 |
| Istutus + kulotus | 64,8 | 65,7 | 65,4 | 64,4 |
| Kylvö + kulotus | 58,7 | 58,4 | 58,7 | 57,8 |

Maankäsittelyjen paremmuusjärjestys ei muuttunut eri otantojen välillä. Auraus oli siis paras menetelmä kaikissa otannoissa ja muokkaamaton tapa huonoin. Keskiarvoissa tapahtui pieniä muutoksia, mutta suurinkin poikkeama oli alle kaksi desimetriä.

Viljelytapojen ja maankäsittelyjen muodostamia ketjuja tarkasteltaessa muutokset ovat samansuuntaisia kuin taimimäärissäkin. Ensimmäisen eli 75 % otannan osalta tulokset ovat samansuuntaisia kuin koko aineiston tulokset (Taulukko 11, s. 42). Seuraavan 50 prosentin satunnaisotannan perusteella

keskiarvot ovat hieman muuttuneet, mutta ovat vielä kuitenkin pitkälti samoja kuin koko aineiston perusteella. Koko aineiston perusteella keskiarvoltaan lähekkäin olleiden ketjujen järjestys on kuitenkin muuttunut hieman, vaikka keskiarvoissa ei ole suuria muutoksia tapahtunut. Pienimmässä satunnaisotannassa vaihtuvuutta on tapahtunut eniten.

Kaiken kaikkiaan pituudet pysyvät siis lähellä toisiaan otannasta riippumatta. Viljelytavan ja maankäsittelyn suhteen muutoksia tuli otantojen välillä vähän, joten koko aineiston tuloksia voidaan mielestäni pitää suhteellisen luotettavina. Ketjuittain tarkasteltuna eroja toki syntyy eri otantojen välillä, mutta parhaimmat ketjut pysyvät kaikissa otannoissa kärkipäässä ja vastaavasti huonoimmat huonoimpien joukossa.

Taulukko 11. Pituuksien keskiarvot desimetreinä ketjuittain ja eri otannoilla

| Viljelytapa | Maankäsittely | 100 % | 75 % | 50 % | 25 % |
|-------------------------------|---------------|-------|------|------|------|
| Istutus + kulottamaton | Muokkaamaton | 49,6 | 49,6 | 49,5 | 52,0 |
| | Äestys | 55,9 | 55,9 | 57,5 | 59,4 |
| | Auraus | 66,0 | 64,8 | 64,0 | 62,6 |
| | Mätästys | 60,7 | 60,8 | 60,8 | 63,4 |
| Istutus + kulotus | Muokkaamaton | 65,0 | 65,3 | 63,2 | 59,5 |
| | Äestys | 62,0 | 62,1 | 62,4 | 63,0 |
| | Auraus | 67,3 | 69,3 | 70,1 | 69,9 |
| | Mätästys | 64,9 | 66,1 | 66,0 | 65,3 |
| Kylvö + kulotus | Muokkaamaton | 53,8 | 54,1 | 55,4 | 53,8 |
| | Äestys | 57,1 | 57,7 | 58,1 | 57,7 |
| | Auraus | 62,8 | 62,5 | 62,3 | 65,1 |
| | Mätästys | 61,0 | 59,3 | 58,9 | 54,4 |

4.4.3 Läpimitat

Läpimittojen p-arvot olivat erittäin merkitseviä ($p=0,000$) viljelytapojen sekä maankäsittelyjen osalta kaikilla otannoilla. Viljelytavan ja maankäsittelyn yhdysvaikutus oli ainoastaan koko aineiston perusteella merkitsevä. Ensimmäisellä 75 prosentin otannalla tulokset olivat vielä suuntaa antavalla tasolla ($p=0,073$). Kahden pienimmän otannan osalta tulokset eivät enää olleet merkitseviä.

Viljelytavoittain tarkasteltuna otannan koolla ei ollut suurtakaan merkitystä tuloksiin. Vaihteluväli oli korkeintaan +/- 2 millimetriä, kun eri otannan tuloksia verrattiin koko aineiston tuloksiin. Paremmuusjärjestys pysyikin samana kaikilla otannoilla. Istutuksen ja kulotuksen yhdistelmä takasi siis paksuimmat taimet, kun taas kylvön ja kulotuksen yhdistelmä oli huonoin kaikilla otannoilla.

Maankäsittelymenetelmien välinen paremmuusjärjestys pysyi samana otannasta riippumatta. Suurimmillaan yksittäisen maankäsittelymenetelmän vaihteluväli oli läpimitoissa +/- 4 millimetriä, kun otantojen tuloksia verrattiin koko aineiston tuloksiin. Voidaan siis sanoa, että otannan koolla ei ollut suurtakaan vaikutusta maankäsittelymenetelmien välisiin eroihin.

Taulukko 12. Läpimittojen keskiarvot (mm) ketjuittain ja eri otannoilla

| Viljelytapa | Maankäsittely | 100 % | 75 % | 50 % | 25 % |
|-------------------------------|---------------|-------|------|------|------|
| Istutus + kulottamaton | Muokkaamaton | 88 | 89 | 86 | 95 |
| | Äestys | 94 | 95 | 96 | 100 |
| | Auraus | 113 | 111 | 110 | 108 |
| | Mätästys | 104 | 103 | 102 | 101 |
| Istutus + kulotus | Muokkaamaton | 115 | 114 | 114 | 103 |
| | Äestys | 118 | 117 | 120 | 123 |
| | Auraus | 124 | 126 | 129 | 131 |
| | Mätästys | 116 | 118 | 118 | 120 |
| Kylvö + kulotus | Muokkaamaton | 74 | 75 | 77 | 72 |
| | Äestys | 79 | 79 | 79 | 79 |
| | Auraus | 95 | 94 | 94 | 97 |
| | Mätästys | 96 | 96 | 94 | 90 |

Otantojen vaikutukset läpimittoihin ovat samankaltaisia kuin taimimäärissä ja pituuksissakin. Ero koko aineiston tuloksiin kasvaa siis, sitä suuremmaksi mitä pienempi otanta on käytössä (Taulukko 12). Koko aineiston perusteella lähekkäin olevat ketjut vaihtelevat eri otannoilla paremmuusjärjestystä, mutta itsessään vaihteluväli ei ole suurta. Esimerkiksi 75 prosentin otannalla yksittäisen ketjun muutos on korkeimmillaan 2 millimetriä, 50 prosentissa 5 millimetriä ja 25 prosentin osalta 12 millimetriä, kun verrataan tuloksia koko aineiston tuloksiin.

Yhteenvetona voidaan todeta läpimittojen pysyvän lähellä toisiaan otannasta riippumatta. Viljelytavan ja maankäsittelyn suhteen muutoksia tuli otantojen välillä erittäin vähän, joten koko aineiston tuloksia voidaan mielestäni pitää suhteellisen luotettavina. Kuten taimimäärissä ja pituuksissakin, niin myös läpimitoissa ketjujen paremmuusjärjestys vaihtelee otannasta riippuen. Jos ulkopuolelle jätetään 25 prosentin otanta, niin ketjujen tulokset pysyvät mielestäni samassa linjassa otannasta riippumatta. Kokonaisuudessaan aineisto ei ole siis kovin herkkä muutoksille, kuten ei ollut taimimäärien eikä pituuksienkaan osalta.

5 PÄÄTELMÄT

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää miten kulotus, maanmuokkaus- ja viljelymenetelmät vaikuttavat männyn taimitiheyteen sekä taimien pituus- ja paksuuskasvuun. Näiden pohjalta oli tarkoitus tutkia, mikä uudistamisketju tuotti Sodankylän koealueella parhaan tuloksen ja minkälaisia eroja ketjujen välillä on. Lisäksi tavoitteena oli tutkia aineiston luotettavuutta herkkyyksanalyysin kautta, koska koejärjestely ei ollut tilastollisesti täysin puhdasoppinen. Mielestäni opinnäytetyöni tavoitteet saatiin kokonaisuudessaan hyvin toteutettua.

Tämän opinnäytetyön tulokset ovat pitkälti samansuuntaisia mitä vastaavallisista tutkimuksista on Lapissa saatu. Kulotus soveltuu siis hyvin yhteen kylvön kanssa, mutta vastaavasti istutuksessa siitä on jopa haittaa. Istutusaloilla kulotuksen käyttäminen ei ole siis järkevää. Kulotus näyttäisi tämän tutkimusten perusteella lisäävän männyn taimien pituuskasvua sekä jonkin verran myös paksuuskasvua ainakin istutusaloilla. Monissa muissakin tutkimuksissa on kulotuksen todettu vaikuttavan positiivisesti taimien pituuteen. Tämän perusteella kulotuksen käyttöä kannattaisi mielestäni pyrkiä lisäämään, mutta kuten on jo todettu, niin monet kulotuksen ongelmat ovat vaikeasti ratkaistavissa.

Kylvön osalta vertailu jäi mielestäni hieman vaillinaiseksi, koska koealueella ei ollut kylvöä yhdistettynä kulottamattomaan maahan. Jos tämä olisi saatu mukaan vertailuun, niin olisi pystytty paremmin näkemään, minkälaisia vaikutuksia kulotuksella on kylvöön. Tämän vuoksi kylvöä voidaan verrata tässä tutkimuksessa vain istutukseen. Pituuksien osalta kulotuksen ja kylvön yhdistelmä pääsi keskiarvoltaan jopa hieman parempaan tulokseen kuin kulottamattoman maan ja istutuksen yhdistelmä, kun keskiarvot laskettiin kaikkien maankäsittelymenetelmien osalta. Yleensä kulottamattomaan maan kylvötaimet kasvat paljon hitaammin kuin istutustaimet, joten kylvössä kulotus näyttäisi vaikuttavan positiivisesti männyn taimien pituuteen. Läpimittojen osalta kylvötaimet jäivät keskiarvoltaan kuitenkin reilusti istutettujen taimien taakse.

Maankäsittelymenetelmien osalta paras taimimäärän keskiarvo saatiin mätästyksellä, kun mallissa oli mukana kaikki koealat. Istutusaloilla mätästys tuotti kaksi parasta ketjua. Kylvöalueilla parhaiten oli onnistunut äestys. Pituuksien ja läpimittojen osalta suurimmat taimet olivat tulleet aurauksen kautta. Mielestäni yksi huomattava seikka tuloksissa on se, että kylvö onnistui erittäin hyvin muokkaamattomaan maahan. Vastaava asia oli noussut esiin myös laajemmassa Pohtilan ja Pohjolan tutkimuksessa 1980-luvulla Lapissa.

Taimimäärältään parhaiten Sodankylässä oli onnistunut kulotuksen, äestysten ja kylvön ketju. Pisimmät ja paksuimmat taimet koealueella olivat kehittyneet puolestaan kulotuksen, aurauksen ja istutuksen kautta. Tulosten pohjalta on hankala lähteä yksiselitteisesti sanomaan, mikä uudistamisketju olisi paras, mutta mielestäni järkevintä tilannetta on katsoa taimimäärien kautta. Kulotetulla alueella paras tapa on kylvö yhdistettynä äestykseen, mutta muokkaamaton maa on mielestäni myös varteenotettava vaihtoehto. Jos uudistusala ei ole kulotettu, niin tällöin mätästys on paras ja auraus toiseksi paras, kun käytetään istutusta. Istutusallalla voimakkaimmat maanmuokkaustavat näyttäisivät tuottavan siis parhaimmat tulokset.

Kylvöalueilla voimakkaammat maanmuokkaustavat eli auraus ja mätästys näyttäisivät onnistuvan taimimäärältään huonommin kuin kevyet muokkaustavat. Tähän syynä lienee aurauspalteiden ja mättäiden herkempi kuivuminen. Voimakkaimmissa muokkauksissa siemenet tulisikin kylvää kosteampaan kohtaan, koska korkeimmat kohdat palteista ja mättäistä kuivuvat herkemmin. Auraus ja mätästys onnistuivat kylvöalueilla tässä kokeessa kuitenkin hyvin, vaikka keskiarvot jäivät melko paljon äestysten ja muokkaamattomaan maan taakse. Tämän pohjalta voitaneen todeta, että kylvöalueilla kannattaa mieluiten käyttää kevyitä muokkausmenetelmiä. Maanmuokkausta valittaessa on hyvä pitää mielessä myös kustannukset, jotka yleensä vaikuttavat myös maanmuokkaustavan valintaan.

Aineistolle tehty herkkyysanalyysi osoittaa mielestäni sen, että tämän kokeen tuloksia voitaneen pitää suhteellisen luotettavina. Erityisesti maankäsittelyn ja viljelytavan tasolla tarkasteltaessa, aineisto pysyi melko stabiilina satunnaisotannasta riippumatta. Koko uudistamisketjuja tarkasteltaessa satunnaisotannat muuttivat kyllä ketjujen paremmuusjärjestyksiä, mutta keskiarvot

kuitenkin pysyivät suhteellisen muuttumattomina ainakin 50 prosentin otoskokoon asti. Pienimmässä 25 prosentin otannassa ketjujen tulokset koostuivat varsin pienestä otoksesta, jolloin yksittäisten puiden merkitys kasvoi suureksi. Tämän vuoksi koko aineiston tulosten vertaaminen pienimpään satunnaisotantaan, ei ole mielestäni järkevää. Ketjujen välinen vertailu eri satunnaisotoksilla osoitti mielestäni sen, että aineisto ei ole kokonaisuudessaan kovin herkkä muutoksille.

Korostan vielä sitä, että koejärjestely ei vastaa tilastolliselle kokeelle asetettuja vaatimuksia, joten tämän työn tuloksista ei pidä vetää suurempia johtopäätöksiä. Lisäksi aineisto kerättiin varsin suppealta keräysalueelta, joten tulosten yleistettävyyks ei sovi kovin laajalle alueelle. Mielestäni tämänkaltaista koealuetta voidaan kuitenkin hyvin käyttää opinnäytetyössä, koska pääasiallisena tarkoituksenaahan on oppia opinnäytetyön kautta. Työ onkin mielestäni hyvin opettanut sen, miten tämänkaltaisia metsätalouden tilastollisia tutkimuksia tehdään ainakin pääpiirteittäin. Erityisesti mieleeni on jäänyt koealueen ennakkosuunnittelun merkitys, jotta tulokset olisivat tilastollisesti vertailukelpoisia.

LÄHTEET

- Chantal, M. – Leinonen, K. – Ilvesniemi, H. – Westman, C. 2003. Combined effects of site preparation, soil properties, and sowing date on the establishment of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* from seeds. Osoitteessa <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/x03-011>. 3.3.2012.
- Finnish Forest Research Institute. 2011. Chemical Soil Condition. Osoitteessa <http://www.metla.fi/metinfo/sustainability/c2-chemical-soil.htm>. 13.2.2012.
- Hallikainen, V. 2012. Metsäntutkimuslaitoksen erikoistutkijan haastattelu 27.3.2012.
- Hotanen, J. – Nousiainen, H. – Mäkipää, R. – Reinikainen, A. – Tonteri, T. 2008. Metsätyypit – opas kasvupaikkojen luokitteluun. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Hurme, H. – Ahola, R. 2007 Metsänviljelyopas. Osoitteessa <http://4h-fi-bin.directo.fi/@Bin/1634144a97de1c38434102c7bc97d517/1330857026/application/pdf/1568566/metsanviljelyopas.pdf>. 4.3.2012.
- Hyppönen, M. 2002. Lapin metsätalouden erityispiirteet. Osoitteessa <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff02/ff024647.pdf>. 27.3.2012
- Hyppönen, M – Hallikainen, V. 2011. Article: Factors affecting the success of autumn direct seeding of *Pinus sylvestris* L. in Finnish Lapland.
- Hyppönen, M. – Karvonen, L. 2005. Kylvö. Teoksessa Metsätaloutta kairoilla – Metsänuudistaminen Pohjois-Suomessa (toim. M. Hyppönen – V. Hallikainen ja R. Jalkainen), 74-80. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Hyppönen, M. – Levula, T. – Välikangas, P. 2004 Retkeilyselostus.
- Ilvesniemi, H. 2008. Metsämaa. Teoksessa Tapion taskukirja, 25. uudistettu painos (toim. S. Rantala), 129. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Immonen, K. – Kauppinen, A. – Kuru, K. – Ruotsalainen, M. – Tamminiemi, M. – Vehmas, T. – Strandström, M. – Kaila, S. 2001. Metsänviljelyopas. Osoitteessa <http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Opas/Metsanviljelyopas.pdf>. 28.1.2012.
- Immonen, K. – Kauppinen, A. – Kuru, K. – Tamminiemi, M. – Kallonen, J. – Strandström, M. 2000. Maanmuokkauksen koulutusaineisto. Osoitteessa http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Opas/Maanmuokkauksen_koulutusaineisto_vihko.pdf. 24.1.2012.

- Kankaanhuhta, V. – Heikkilä, R. – Lipponen, K. – Väkevä, J. 2010. Hirvi (Alces alces). Osoitteessa http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/alalce-n.htm. 27.3.2012.
- Karjalainen, J. 1994. Tuli pohjoisissa havumetsissä ja metsänhoidollinen kulutus. Vantaa.
- Kinnunen, K. 2001. Viljely. Teoksessa Onnistunut metsänuudistaminen (toim. S. Valkonen – J. Ruuska – T. Kolström – E. Kubin – M. Saarinen), 139–147. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Korhonen, K. – Ihalainen, A. – Miina, J. – Saksa, T. – Viiri, H. 2010. Metsänuudistamisen tila Suomessa VMI10:n aineistojen perusteella. Osoitteessa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff10/ff104425.pdf>. 27.2.2012.
- Koski, V. 2001. Viljelymateriaali. Teoksessa Onnistunut metsänuudistaminen (toim. S. Valkonen – J. Ruuska, J. – T. Kolström – E. Kubin – M. Saarinen), 152–163. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Lemberg, A. & Puttonen P. 2002 Kulottajan käsikirja. Vammalan kirjapaino Oy.
- Levula, T. 1988. Kulotus ja muokkaus maankunnostusmenetelmänä. Teoksessa Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 300, 15–30. Parkano.
- Lundmark, J. 2006. Maanmuokkausmenetelmän valinta maaperän ominaisuuksien perusteella. Osoitteessa <http://www.metla.fi/tapahtumat/2006/maanmuokkaus/esitelmät/lundmark-suomi.pdf>. 23.3.2006.
- Luoranen, J. – Saksa, T. – Finér, L. – Tamminen, P. 2007. Metsämaan muokkausopas. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2006. Alueelliset metsäohjelmat 2006–2010. Osoitteessa http://wwwb.mmm.fi/kmo/alueelliset/AMO_2006_2010_nettiin.pdf. 4/2006.
- Maanmittauslaitos. 2012. Karttapaikka. Osoitteessa <http://kansalaisen.karttapaikka.fi/kartanhaku/osoitehaku.html?e=483043&n=7442532&scale=800000&tool=suurenn&width=600&height=600&lang=fi>. 8.2.2012.
- Metsäntutkimuslaitos. 2011. Metsätilastollinen vuosikirja 2011. Sastamala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Metsäntutkimuslaitos. 2012. Kulotus- ja muokkauskoe 659 - moniste.

- Metsä puhuu – tulevaisuushanke. 2012. Kulotus ja metsäpalot. Osoitteessa http://www.oppimispolku.fi/metsa_suomi/polku.nsf/allbyid/0B41BF321CBC93CFC225730500358A70. 8.2.2012.
- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2006. Hyvän metsänhoidonsuositukset. Metsäkustannus Oy. 2.painos. Helsinki: Lönnberg Print.
- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2007. Hyvän metsänhoidonsuosituksen turvemaille. Metsäkustannus Oy. Helsinki: Lönnberg Print.
- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2009. Kulotuksen valtakunnallinen kehittämishanke 2007–2008. Osoitteessa http://www.metsavastaa.net/files/metsavastaa/kulotus/Kulotus_kehittamishanke_loppuraportti.pdf. 9.2.2012.
- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2012. Männyn ja kuusen siementen säilytys- ja kylvöohjeita. Osoitteessa <http://www.tapio.fi/mannynjakuusensie>. 27.1.2012.
- Mälkönen, E. 2001. Uudistusalan valmistus. Teoksessa Onnistunut metsänuudistaminen (toim. S. Valkonen – J. Ruuska – T. Kolström – E. Kubin – M. Saarinen), 123–130. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Mälkönen, E. 2003. Maan kunnostaminen metsän uudistamiseksi. Teoksessa Metsämaa ja sen hoito (toim. E. Mälkönen), 159–174. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Mälkönen, E. – Tamminen, P. 2003. Maannostuminen ja maannosten kuvaus. Teoksessa Metsämaa ja sen hoito (toim. E. Mälkönen), 129–140. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Nieminen, A. 2006. Metsäsertifiointin ekotehokkuus. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp039.pdf>. 8.2.2012.
- Nygren, M. 2011. Metsänkylvöopas – Kylvön biologiaa ja tekniikkaa. Vammalan kirjapaino.
- Pohtila, E. – Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa. Teoksessa Silva fennica 1985, vol.19 n:3, 245–270. Suomen metsätieteellinen seura. Helsinki.
- Rissanen, K. – Hiltula, H. – Immonen, K. – Kariniemi, A. – Lemberg, T. – Raivio, S. – Ruotsalainen, P. – Solmasuo, J. – Strandström, M. 2002. Kulotusopas. Osoitteessa <http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Opas/Kulotusopas.pdf>. 8.2.2012.
- Rummukainen, A. – Tervo, L. – Kautto, K. – Pulkkinen, M. 2011. Maanmuokaus- ja kylvölaiteyhdistelmien vertailuja männynkylvössä Kai-

- nuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Osoitteessa <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff11/ff111013.pdf>. 25.1.2012.
- Saaristo, L. 2009. Metsien monimuotoisuutta edistävä kulutus. Osoitteessa <http://www.metsavastaa.net/kulutusvideo>. 7.4.2009.
- Suomen Kansallinen Geologinen Komitea. 2012. Hiekkamoreeni. Osoitteessa http://pikkutikka.fmn.helsinki.fi/index.php?option=com_glossary&func=view&Itemid=123&catid=34&term=Hiekkamoreeni. 2.1.2012
- Suomen ympäristökeskus. 2010. ME18 Kulutus. Osoitteessa <http://www.luonnontila.fi/fi/indikaattorit/metsat/me18-kulutus>. 5.1.2012.
- Takanen, O. 2010. Kulituksen ja maanmuokkauksen vaikutus metsänuudistamiseen. Osoitteessa https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/22841/Takanen_Olavi.pdf?sequence=1. 6.3.2012.
- UPM Metsä. 2011. Asta myrskyssä tuhoutunutta metsää kulotettiin Konnevedellä. Osoitteessa http://www.digipaper.fi/metsan_henki/73151/index.php?pgnumb=. 28.1.2012.
- Valkonen, S. 2008. Metsän uudistaminen. Teoksessa Tapion taskukirja 145–159. Metsäkustannus Oy. 25. uudistettu painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino.

LIITTEET

Liite 1 Äestyksen ja istutuksen yhdistelmä kulottamattomassa maassa

Liite 2 Äestyksen ja istutuksen yhdistelmä kulotetussa maassa

Liite 3 Kulotusjälki Vuorsoseljän koealueella

Liite 4 Vuorsoseljän koejärjestely (Metsäntutkimuslaitos 2012)

Liite 1. Äestyksen ja istutuksen yhdistelmä kulottamattomassa maassa



Liite 2. Äestyksen ja istutuksen yhdistelmä kulotetussa maassa



Liite 3. Kulotusjälki Vuorsoseljän koealueella



Kulotus ja muokkaus suoritettu vuonna 1989, viljely vuonna 1990.